

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.01.04 «Машиностроение»

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Тема работы
Исследование технологических методов получения точных отверстий для обработки цилиндров плунжерных пар

УДК 621.951-021.416:62-222

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ92	Лаврентьев К.А.		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		

КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Кашук И.В.	к.ф.н.		

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.	к.т.н.		

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Мартюшев Н.В.	к.т.н.		

Томск – 2021г.

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа ИШНПТ

Направление подготовки (специальность) 15.04.01 «Машиностроение»

Отделение школы (НОЦ) Материаловедение

УТВЕРЖДАЮ:

Руководитель ООП

_____ Мартюшев Н.В.
(подпись) (дата) (Ф.И.О.)

ЗАДАНИЕ

на выполнение выпускной квалификационной работы

В форме:

Магистерской диссертации
(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ92	Лаврентьеву К.А.

Тема работы:

Исследование технологических методов получения точных отверстий для обработки цилиндров плунжерных пар	
Утверждена приказом проректора-директора	№102-33/с от 12.04.2021

Срок сдачи студентом выполненной работы	04.06.21
---	----------

ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

Исходные данные к работе	Данная работа направлена на изучение и разработку технологии получения точных отверстий для обработки цилиндров плунжерных пар. Объектом исследования является цилиндр плунжерной пары насос-дозатора.
---------------------------------	--

Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов	Обзор научно-технической литературы, разработка технологии для проведения эксперимента, исследование точности образцов, анализ результатов эксперимента;
Перечень графического материала	Экспериментальные данные
Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы	
Раздел	Консультант
Исследовательский	Арляпов А.Ю.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Кащук И. В.
Социальная ответственность	Скачкова Л.А.

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	01.10.19
---	----------

Задание выдал руководитель:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.	к.т.н.		01.10.2019

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8Л15А	Лаврентьев К.А.		01.10.2019

Оглавление

1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР	13
1.1 Виды насос-дозаторов.....	14
Перистальтический НД	14
Диафрагменные или мембранные дозирующие насосы	15
Плунжерные насосы	16
1.2 Анализ технологичности цилиндра	19
1.3 Методы получения отверстий	20
Сверление.....	20
Типы сверл	21
Инструменты без определённости базирования	21
Перовые свёрла	21
Шнековые свёрла	22
Спиральные свёрла	23
Инструменты с определённой базированием.....	24
Ружейные сверла.....	25
Сверла БТА.....	27
Методы повышения точности отверстия и увеличения качества поверхности	28
Протягивание.....	28
Зенкерование	29
Развёртывание	30
Дорнование	32
Растачивание и шлифование.....	36
Хонингование	37
Доводка	39
1.4 Методы повышения износостойкости	42
Гальванические покрытия.....	44
Вакуумно-плазменные покрытия	46
1.5 Задачи исследования	49
2. Технология изготовления экспериментальных образцов.....	50
2.1 Методика проведения экспериментов	54
3. Анализ экспериментальных данных	62

4. Социальная ответственность	73
Введение.....	73
Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности	74
Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.....	75
Профессиональная социальная безопасность.....	76
Анализ опасных и вредных производственных факторов	77
Микроклимат	77
Шум	78
Освещённость.....	79
Электромагнитные поля	83
Вредные вещества.....	83
Экологическая безопасность.....	86
5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение..	89
5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения..	90
5.1.1 Предпроектный анализ.....	90
5.1.3 SWOT-анализ	93
5.2 Планирование научно-исследовательских работ.....	96
5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования.....	96
5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения	97
5.3 Бюджет научно-технического исследования	100
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	106
Выводы по разделу.....	110
Список литературы	111
6. Приложение А	115
7. Приложение Б.....	122

Результаты обучения
Направление 15.04.01 Машиностроение
ООП: Автоматизация технологических процессов и производств в
машиностроении

Код компетенции СУОС	Наименование компетенции СУОС
Универсальные компетенции	
УК(У)-1	Способность осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий
УК(У)-2	Способность управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла, получать и обрабатывать информацию из различных источников с использованием современных информационных технологий, применять прикладные программные средства при решении практических вопросов с использованием персональных компьютеров с применением программных средств общего и специального назначения в том числе в режиме удаленного доступа
УК(У)-3	Способность организовать и руководить работой команды, вырабатывая командную стратегию для достижения поставленной цели
УК(У)-4	Способность применять современные коммуникативные технологии, в том числе на иностранном (-ых) языке (-ах), для академического и профессионального взаимодействия (-ий), анализировать и учитывать разнообразие культур в процессе межкультурного взаимодействия
УК(У)-5	Способность на научной основе организовывать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности, владеть навыками самостоятельной работы в сфере проведения научных исследований, создавать и редактировать тексты профессионального назначения
УК(У)-6	Способность определить и реализовать приоритеты собственной деятельности и способы ее совершенствования на основе

	самооценки, а также использовать приемы первой помощи, методы защиты в условиях чрезвычайных ситуаций
Общепрофессиональные компетенции	
ОПК(У)- 1	Способность формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать и создавать критерии оценки
ОПК(У)- 2	Способность применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы
ОПК(У)- 3	Способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере
ОПК(У)- 4	Способность осуществлять экспертизу технической документации
ОПК(У)- 5	Способность организовывать работу коллективов исполнителей, принимать исполнительские решения в условиях спектра мнений, определять порядок выполнения работ, организовывать в подразделении работы по совершенствованию, модернизации, унификации выпускаемых изделий, и их элементов, по разработке проектов стандартов и сертификатов, обеспечивать адаптацию современных версий систем управления качеством к конкретным условиям производства на основе международных стандартов
ОПК(У)- 6	Способность к работе в многонациональных коллективах, в том числе при работе над междисциплинарными и инновационными
ОПК(У)- 7	Способность обеспечивать защиту и оценку стоимости объектов интеллектуальной деятельности
ОПК(У)- 8	Способность проводить маркетинговые исследования и подготавливать бизнес-планы выпуска и реализации перспективных и конкурентоспособных изделий в области машиностроения
ОПК(У)- 9	Способность обеспечивать управление программами освоения новой продукции и технологий, проводить оценку производственных и непроизводственных затрат на обеспечение требуемого качества продукции, анализировать результаты деятельности производственных подразделений

ОПК(У)-10	Способность организовывать работу по повышению научно-технических знаний работников
ОПК(У)-11	Способность подготавливать отзывы и заключения на проекты стандартов, рационализаторские предложения и изобретения в области машиностроения
ОПК(У)-12	Способность подготавливать научно-технические отчеты, обзоры, публикации по результатам выполненных исследований в области машиностроения
ОПК(У)-13	Способность разрабатывать методические и нормативные документы, предложения и проводить мероприятия по реализации разработанных проектов и программ в области машиностроения
ОПК(У)-14	Способность выбирать аналитические и численные методы при разработке математических моделей машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов в машиностроении
Профессиональные компетенции	
ПК(У)-1	Способность разрабатывать технические задания на проектирование и изготовление машин, приводов, оборудования, систем и нестандартного оборудования и средств технологического оснащения, выбирать оборудование и технологическую оснастку
ПК(У)-2	Способность разрабатывать нормы выработки и технологические нормативы на расход материалов, заготовок, топлива и электроэнергии в машиностроении
ПК(У)-3	Способность оценивать технико-экономическую эффективность проектирования, исследования, изготовления машин, приводов, оборудования, систем, технологических процессов, принимать участие в создании системы менеджмента качества на предприятии
ПК(У)-4	Способность подготавливать заявки на изобретения и промышленные образцы, организовывать работы по осуществлению авторского надзора при изготовлении, монтаже, наладке, испытаниях и с даче в эксплуатацию выпускаемых изделий и объектов машиностроения

ПК(У)-5	Способность разрабатывать планы и программы организации инновационной деятельности на предприятии, оценивать инновационные и технологические риски при внедрении новых технологий, организовывать повышение квалификации и тренинг сотрудников подразделений в области инновационной деятельности и координировать работу персонала при комплексном решении инновационных проблем в машиностроении
ПК(У)-6	Способность разрабатывать мероприятия по комплексному использованию сырья, по замене дефицитных материалов и изысканию способов утилизации отходов машиностроительного производства
ПК(У)-7	Способность организовать развитие творческой инициативы, рационализации, изобретательства, внедрение достижений отечественной и зарубежной науки, техники, использование передового опыта, обеспечивающих эффективную работу подразделения, предприятия
ПК(У)-8	Способность организовать и проводить научные исследования, связанные с разработкой проектов и программ, проводить работы по стандартизации технических средств, систем, процессов оборудования и материалов
ПК(У)-9	Способность разрабатывать физические и математические модели исследуемых машин, приводов, систем, процессов, явлений и объектов, относящихся к профессиональной сфере, разрабатывать методики и организовывать проведение экспериментов с анализом их результатов
ПК(У)-10	Способность и готовность использовать современные психолого-педагогические теории и методы в профессиональной деятельности
ПК(У)-11	Способность подготавливать технические задания на разработку проектных решений, разрабатывать эскизные, технические и рабочие проекты технических разработок с использованием средств автоматизации проектирования и передового опыта разработки конкурентоспособных изделий, участвовать в рассмотрении различной технической документации, подготавливать необходимые обзоры, отзывы, заключения в области профессиональной деятельности

ПК(У)- 12	Способность составлять описания принципов действия и устройства проектируемых изделий и объектов с обоснованием принятых технических решений в области профессиональной деятельности
ПК(У)- 13	Способность применять новые современные методы разработки технологических процессов изготовления изделий и объектов в сфере профессиональной деятельности с определением рациональных технологических режимов работы специального оборудования в машиностроении

РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа состоит из 140 листов, 62 рисунков, 47 таблиц, 30 источников, 2 приложений.

Ключевые слова: насос-дозатор, отверстие, цилиндр.

Актуальность работы заключается в возможности использования более производительных операций по обработке отверстий малого диаметра. Это позволит сократить и упростить процесс производства деталей.

Объектом исследования является цилиндр насос-дозатора.

Цель работы состоит в разработке экспериментальной технологии с целью получения точного отверстия для обработки цилиндров плунжерных. Оценить возможность применения методов PVD хромирования для покрытия внутри отверстия. Для достижения цели поставлены следующие задачи:

1. Разработать технологию изготовления экспериментальных образцов, имитирующих цилиндр плунжерной пары и предложить 2 варианта технологии изготовления цилиндра из двух материалов;
2. Исследовать точность получаемых отверстий на разных этапах технологического процесса после каждого этапа техпроцесса.
3. Исследовать степень упрочнения стали 12X18H10T после одноциклового дорнования;
4. Исследовать возможность нанесения покрытия заданной толщины на всей глубине отверстия в детали из стали 12X18H10T.

Работа представлена введением, тремя разделами и заключением. В первом разделе «Литературный обзор» рассмотрена основная информация о методах получения и повышения точности и качества поверхности отверстия, определён набор используемых инструментов. В разделе «Технологическая часть» представлен маршрут получения точного глубокого отверстия, используемый в рамках данного эксперимента и предложены продолжения технологических процессов для используемых материалов. В разделе «Методика проведения эксперимента» описаны детали проведённых экспериментов. В разделе «Анализ экспериментальных данных» проведён

анализ экспериментальных данных и сделаны выводы. В «Выводе» подведен итог проделанной работы, предложены пути улучшения, а также предложены пути использования полученной информации в дальнейших исследованиях.

1. ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

В данном разделе рассмотрены проблемы и способы решения, которые касаются методов получения точных глубоких отверстий.

Цель данного раздела: провести комплексный анализ проблем, появляющихся при изготовлении цилиндров плунжерных пар насос-дозаторов.

Задачи информационно-аналитического обзора:

- Анализ существующих типов инструментов применяемых для получения глубоких отверстий;
- Анализ технологичности изготовления цилиндров плунжерных пар.

Насос-дозаторы активно применяются в фармакологии в виду высокой обеспечиваемой точности дозировки жидкостей. Жидкости, с которыми контактирует цилиндр насос-дозатора могут имеют широкую номенклатуру от эмульсии, суспензии до различных нейтральных видов водных растворов, либо же иметь крайне токсичный и агрессивный характер поведения.

В процессе производства лекарственных средств одну из основополагающих ролей играет точность дозировки лекарственного вещества, такие требования обеспечены лечебной практикой. При не точной дозировке препарата произойдет недодача либо передозировка лечящего вещества, что одинаково способно привести к нарушениям в здоровье пациента. Особенно это актуально для жизненно важных препаратов.

1.1 Виды насос-дозаторов

Перистальтический НД

Применяется для дозировки кристаллизирующихся элементов, коррозионных, а также для вязких жидкостей. Перистальтические насосы (так же известные как шланговые) — это аппараты объемного действия. Проточной частью являются шланги, по которой продавливается жидкость. Механическим давлением на проточную часть обеспечивается перистальтика.

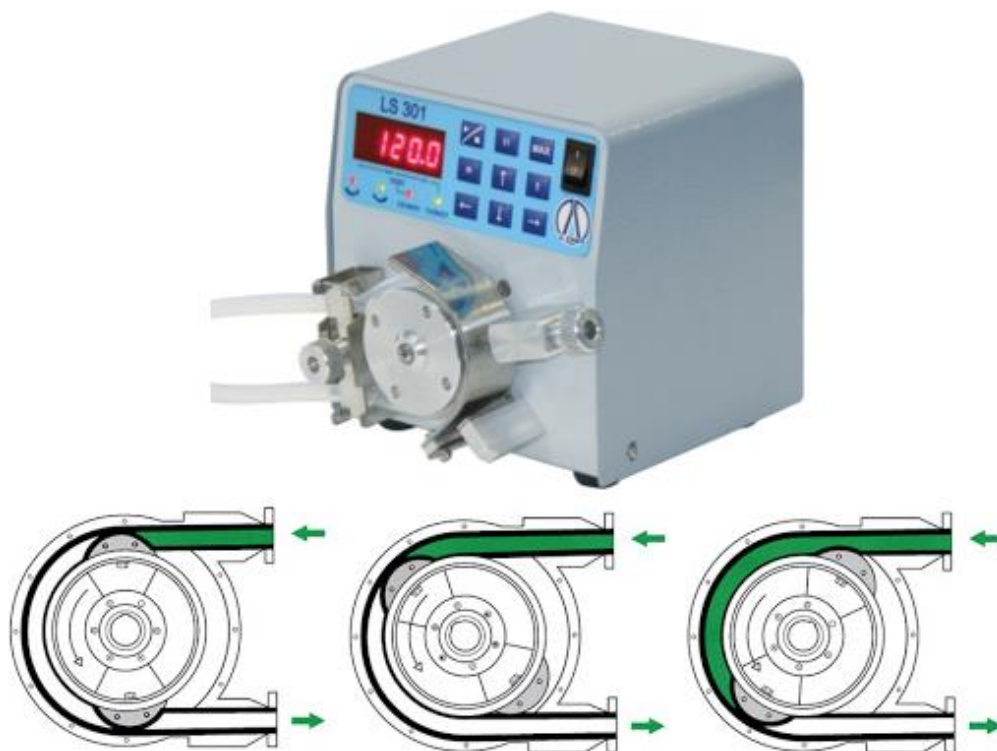


Рисунок 1.1.1 – Насос перистальтический LOIP LS-301

Для такого типа насоса характерны следующие преимущества: высокая герметичность; невозможность контакта металл - металл; изнашивается проточная часть, прокачиваемый элемент не взаимодействует с аппаратом, а он никак не влияет на прокачиваемый элемент; лёгок в ремонте и обслуживании; простота работы; режимы работы в сухую; возможность перекачивания разноплотностей жидкостей с не твёрдыми включениями; высокая точность подачи; работа в реверсном режиме; низкий уровень шума. Недостатком является частая замена эластических элементов, постоянный контроль за ними. Хотя замена трубки или шланга обойдется значительно дешевле чем замена металлической рабочей части.

Диафрагменные или мембранные дозирующие насосы



Рисунок 1.1.2 – Дозирующий насос мембранный Etatron PKX MA/A

Дозирующий насос мембранного типа. Из преимуществ: конструкция рабочей камеры не позволяет контакта с движущимися элементами, что предотвращает попадание через дозатор грязи. Мембранные дозирующие насосы используются в фармацевтической промышленности. Такие конструкции производятся из химически нейтральных и устойчивых материалов. Благодаря чему имеют широкое применение в химической отрасли. В конструкции рабочей камеры отсутствуют так называемые застойные зоны, места, где определённый объём перекачиваемой жидкости не перемещается по маршруту перекачки.

Мембранные насосы применяют при перекачке вязких, загрязнённых или агрессивные жидкости. Работа ведётся при не большом давлении.

Из недостатков можно отметить меньшую точность при дозировке, сравнительно с насосами-дозаторами плунжерного типа. Рабочая мембрана часто повреждается. Малое рабочее давление, что ведёт к не большой производительности.

Остаётся ещё ряд задач, для выполнения которых ни один из вышеперечисленных видов насосов выполнять не способны. Когда речь идёт

о высокой точности работы, а также о работе с материалами с высокими требованиями к стерильности эти насосы не могут быть применимы. В ряде случаев, когда невозможно использование уплотнительных элементов в связи с характером перекачиваемых веществ и/или предъявляются высокие требования к точности дозировки выступают в первые ряды представители следующего типа насосов.

Плунжерные насосы

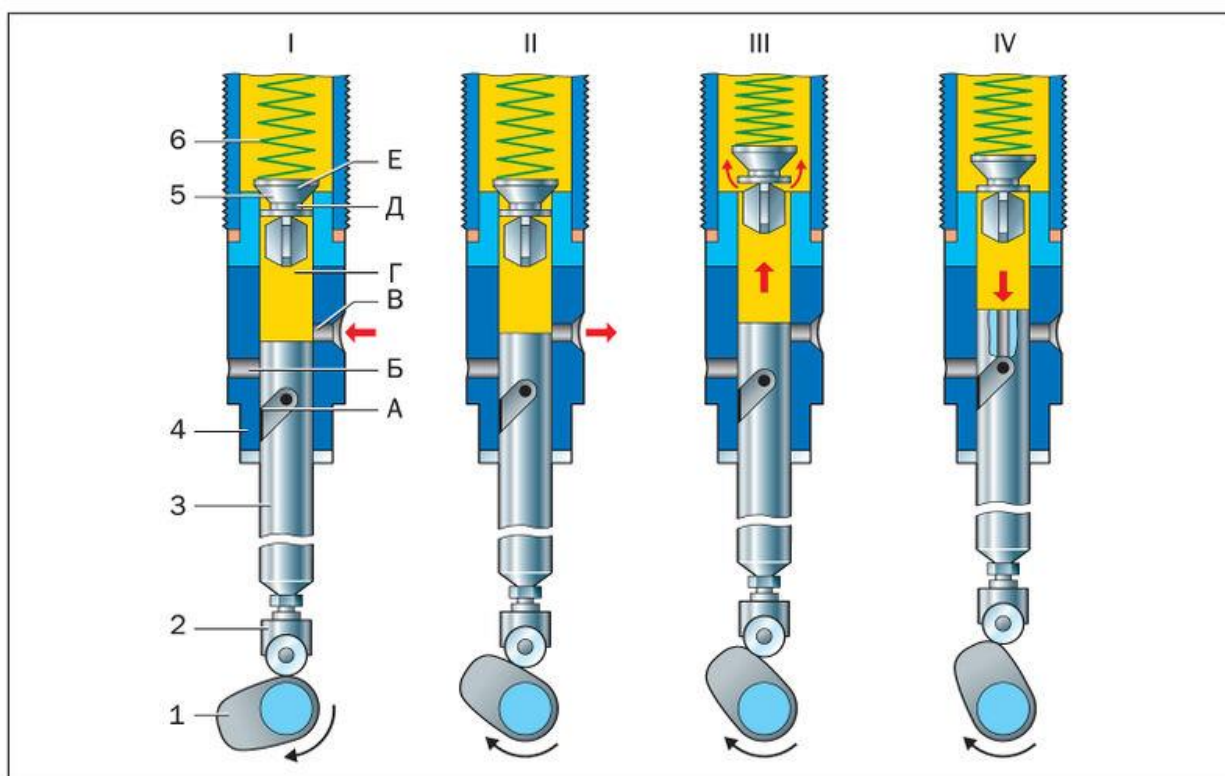


Рисунок 1.1.3 – Схема работы плунжерной пары:

- I — впуск топлива (наполнение); II — начало движения плунжера вверх;
 III — момент начала нагнетания; IV — момент отсечки подачи;
 А — отсечная кромка; Б — перепускное окно; В — впускное окно;
 Г — надплунжерное пространство; Д — разгрузочный пояс;
 Е — запорная часть клапана;
 1 — кулачок; 2 — толкатель; 3 — плунжер;
 4 — втулка плунжера; 5 — нагнетательный клапан;
 6 — пружина клапана.

Применяются для работы с широчайшей номенклатурой и объемами жидкости при высокой вариативности давлений. Такие насосы применяются при работе с химически не стабильными или агрессивными средами.

Принцип работы: за счет поступательного перемещения плунжера в надплунжерном пространстве создаётся разрежение, в которую засасывает жидкость из подводящего канала золотника или трубопровода. При возвратном движении плунжера подводящий канал перекрывает трубопровод, предотвращая возможность жидкости перетекать обратно сразу после этого открывается нагнетательный канал трубопровода, который, в процессе всасывания, закрыт. Вытесненная жидкость уходит дальше, после чего рабочий процесс повторяется. Существует множество разновидностей данного типа насосов, но принцип работы остаётся неизменным.

Такой тип насосов будет рассмотрен в данной работе по причине:

- Высокой точности;
- Компактности рабочего тела и конструкции в целом;
- Возможность работы с жидкостями широкого профиля благодаря широкому спектру материалов исполнения;
- Легкость в настройке и работе.

В данной работе проводятся исследования, в которых лежит насос-дозатор плунжерного типа, применяемый в АО «НПО «Микроген» в г. Томск «НПО «Вирион».

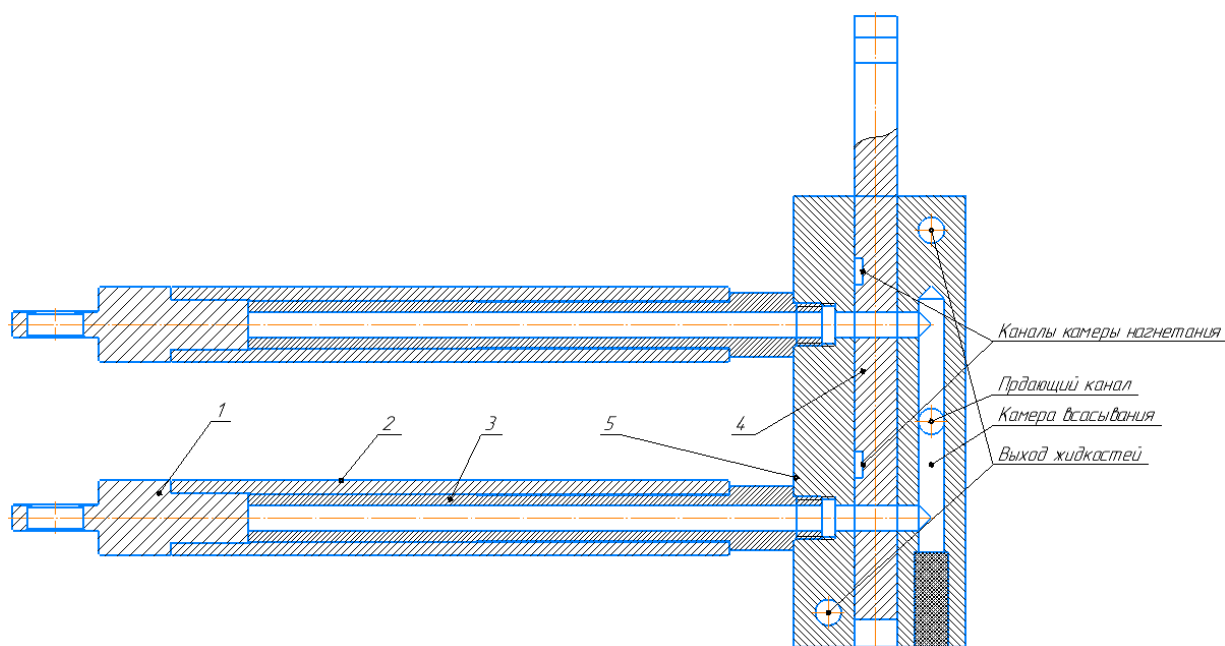


Рисунок 1.1.4 – сборочная схема дозатора.
1-ухо, 2-корпус дозатора, 3-плунжер, 4- золотник, 5- корпус золотника.

Плунжерный насос, рис 1.1.4, состоит из золотникового гидрораспределителя и двух дозаторов. Принцип действия оборудования основан на возвратно-поступательном движении корпусов рабочих камер 2 относительно плунжеров 3. В результате в них попеременно создаются стадии разрежения и нагнетания. В первом случае происходит процесс всасывания жидкости в камеру из подающего канала. Во втором – насос создает давление среды для напорной линии. Управление данным процессом осуществляется с помощью золотникового гидрораспределителя, состоящего из корпуса золотника 5 и золотника 4, который периодически открывает и закрывает всасывающий и нагнетательный трубопроводы.

Для лучшего понимания начнём с методов получения отверстий в заготовках, путей увеличения точности и качества получаемых поверхностей.

1.2 Анализ технологичности цилиндра

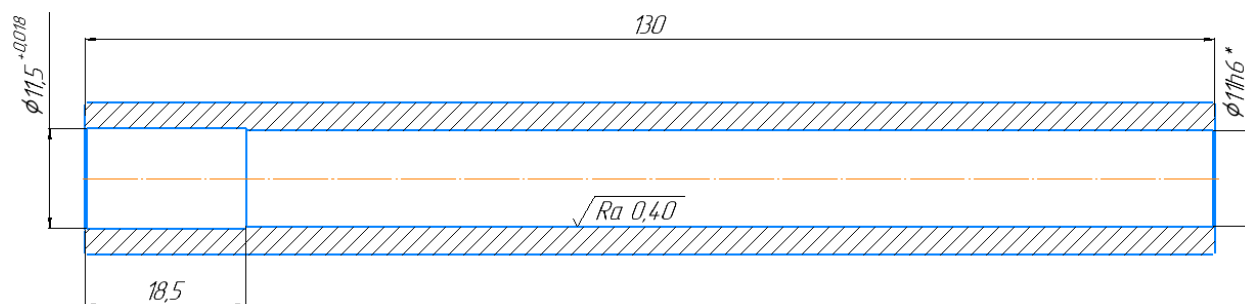


Рисунок 1.2.1 – чертёж цилиндра.

Основным не технологичным элементом цилиндра насоса-дозатора является глубокое точное сквозное отверстие малого диаметра.

Нетехнологичность вызвана затрудненным выводом стружки из обрабатываемого отверстия, сложностью подачи СОЖ в зону резания, что ухудшает теплоотвод, низкой жесткостью инструментов и рядом других факторов. Известно, что для эффективной работы плунжерной пары, необходимо повышать износостойкость цилиндра и плунжера. Наиболее распространенными методами являются закалка или нанесение покрытия. Закалка требует последующей обработки отверстия шлифованием или другим методом с применением абразивного инструмента. Что существенно снижает производительность обработки и повышает стоимость. Гальванический метод нанесения износостойких покрытий также имеет ряд ограничений, связанных с неравномерным осаждением хрома на поверхности отверстия. Так, например, известно, что гальванический хром быстро осаждается на острых кромках из-за большей плотности тока. Существует pvd - метод заключающийся в физическом осаждении, этот метод позволяет создавать покрытия в труднодоступных местах детали и при этом покрытие получает более равномерный слой.

В связи с вышеописанным следует рассмотреть методы получения отверстий, методы повышения точности отверстий и методы получения износостойких покрытий. Последующие разделы как раз служат этой цели.

1.3 Методы получения отверстий

Сверление

Наибольшая часть всех деталей машин и механизмов имеют отверстия. Получение отверстия резанием является широко распространённым методом. Сверление — это первый технологический переход для обработки заготовок с целью получения отверстий резанием.

Но зачастую качество отверстия, получаемого исключительно операцией сверления недостаточно для обеспечения требований чертежа, потому применяется ряд операций ведущих к удовлетворению требований конструктора. Одной из таких операций является рассверливание.

Получение и обработка глубоких отверстий малого диаметра в деталях машин является низко технологичной операцией недостатков существующих методов. Конечно, с течением времени появляются более технологические методы получения отверстий такие как электрохимическое и электроэрозионное прошивание, но наиболее высокую точность возможно обеспечить лезвийным инструментом. [9]

В источниках указывают, что для обработки глубоких отверстий с невысокими требованиями к точности, IT 11 – 12 квалитет, и шероховатости, Rz 40 – 80 мкм, целесообразно применять инструменты без определённости базирования: сверла первые, спиральные и шнековые. [13]

С расширением номенклатуры доступных материалов и в связи с технической революцией, внесённой повышением скоростей механообработки, при обработке материалов резанием по средствам операции сверления используют быстрорежущие стали и твёрдых сплавов, а также свёрлами одностороннего резания. [11, 13]

При сверлении глубоких ($l > 10D$) отверстий стандартным мерным инструментом (свёрла спиральные, перовые, шнековые и т.д.) наблюдается значительное снижение точности и качества обработанной поверхности. Это

объясняется в первую очередь малой жёсткостью консольно-закреплённого инструмента и трудностями подвода смазочно-охлаждающих материалов в зону резания для отвода образующейся стружки.

Для лучшего понимания рассмотрим существующие типы лезвийного режущего инструмента, применяемого для получения отверстий методами сверления.

Типы сверл

Инструменты без определённости базирования

Перовые свёрла

Применяют для сверления отверстий диаметром от 10 до 130 мм и более, глубиной от 10 до 120 диаметров. Точность получаемых диаметральных размеров IT 12 – 14. Увод оси составляет 0,5 мм на 100 мм и шероховатостью получаемых поверхностей Rz 20 – 40 мкм. [2]

Рассматриваемый в данной работе пример требует исполнение корпуса сверла и размера режущей части близкими к минимальным значениям, что значительно сокращает возможности в выборе изделий и вариативность, потому дальнейшее рассмотрения вариаций включающих данный вид свёрл производиться не будет в связи с налагаемыми физическими ограничениями. Схема перового сверла представлена на рисунке 1.3.1. [1]

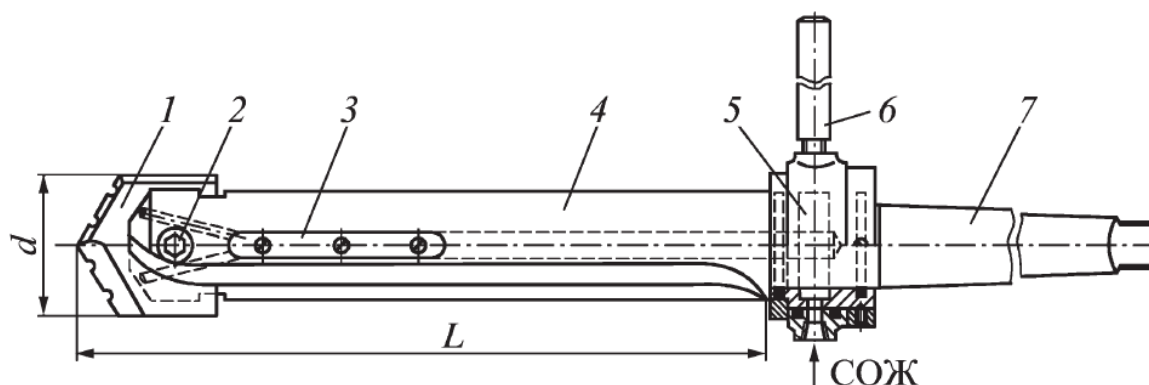


Рисунок 1.3.1 – Сборное перовое сверло для сверления глубоких отверстий:
1 – сменная режущая пластина; 2 – крепёжный винт; 3 – направляющие пластины; 4 – оправка; 5 – патрон для подвода СОЖ; 6 – упорная планка; 7 – хвостовик.

Шнековые свёрла

Получили применение при сверлении в хрупких металлах. Имеется широкий ряд диаметральных размеров с глубиной до 30 – 40 диаметров. Обеспечиваемая точность диаметральных размеров сравнима с 12 квалитетом. Увод оси до 0,5 мм на каждые 100 мм длины отверстия. Шероховатость получаемых поверхностей $Rz\ 80\ \mu\text{м}$. [2]

Схема шнекового сверла представлена на рисунке 1.у.2. [1]

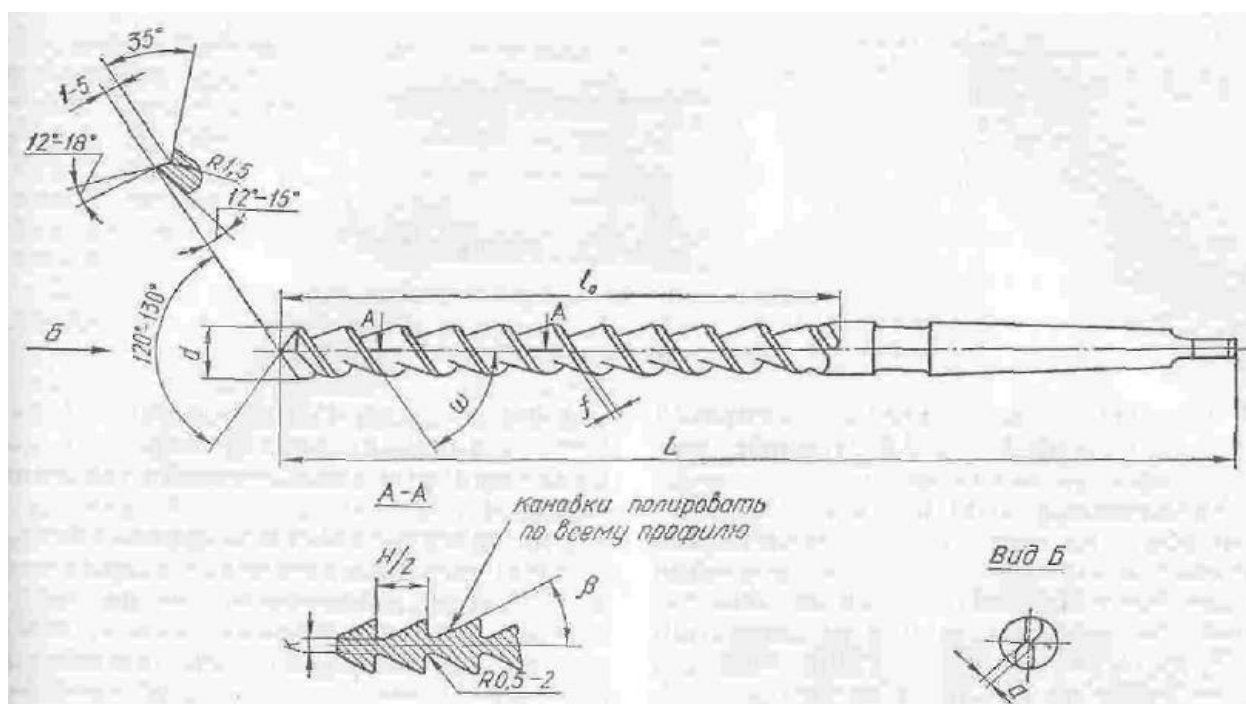


Рисунок 1.3.2 – схема шнекового сверла

Спиральные свёрла

Шнековые свёрла имеют не большое различие со спиральным сверлом. Обычно применяются для получения отверстий в сплошных заготовках. Спектр диаметровых размеров очень широк, так как тип свёрл получил крайне широкое распространение в машиностроении.

- Диаметры от 1 до 55 мм;
- Длины от 20 до 30 диаметров;

В связи с технологическим прогрессом и развитием качества материалов как обрабатываемых, так и обрабатывающих точность диаметровых размеров может быть и выше, но в справочной литературе [1, 2, 3, 4, 5] точность диаметровых размеров варьируется в пределах IT 12 – 14. С уводом осей отверстий от 0,3 до 0,5 мм на каждые 100 мм длины обрабатываемого отверстия и обеспечивается шероховатостью в пределах Rz 20...80 мкм. Схеме спирального сверла представлена на рисунке 1.3.3. [1]

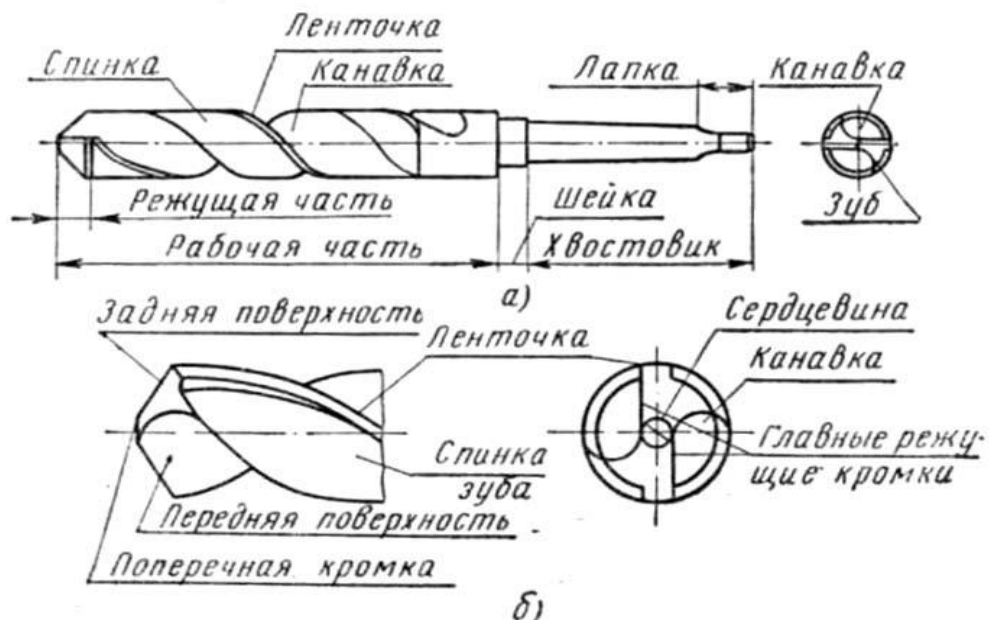


Рисунок 1.3.3 – схема спирального сверла

Согласно данным экспериментов, в которых обработка производилась на оборудовании нормальной точности по кондукторной втулке. При обработке конструкционной стали сверлом из быстрорежущего материала

увод оси при диаметре обработки 10 мм на 100мм длины находятся в пределах 0,1 – 1,45 мм, при угле при вершине сверла $2\phi = 150^\circ$. Разбивка отверстия составила 0,12-0,39 мм. В связи с чем для последующей операции необходимо заложить припуски в обработке отверстия для удаления последствий разбивки как минимум 0,3 мм. [12]

Следующими являются инструменты с определённой базированием.

Инструменты с определённой базированием

Применение спиральных свёрл при сверлении глубоких отверстий считается малоэффективным, в связи со схемой базирования и консольного закрепления режущего инструмента, с уменьшением диаметра и повышением глубины обработки обработка становится малоэффективной, а зачастую вообще невозможной. Причиной выступает геометрия инструмента и сложность подвода СОЖ, смазочно-охлаждающей жидкости, в зону резания для эффективного охлаждения режущих кромок и отвода стружки из зоны резания. Наиболее эффективным способом борьбы с уводом оси и повышенной вибрацией инструмента при обработке является изменение схемы базирования инструмента в отверстии. Ориентируясь на такую идею, был изобретён способ базирования рабочей части инструмента по обработанной поверхности. Оказавшийся особо эффективным при обработке глубоких отверстий. Для этого в инструменте используют специальную геометрию режущей части, при которой, под действием силы резания происходит прижатие рабочей части инструмента к поверхности отверстия. Благодаря этому повышается точность обработки, а за счёт выглаживающего действия направляющих происходит снижение шероховатости поверхности отверстия. [1, 2, 3, 5, 7]

Режущие инструменты, работающие по указанному принципу, относят к инструментам одностороннего резания (с определённой базированием). [1]

Ружейные сверла

Ружейные сверла обладают следующими преимуществами:

- высокая производительность;
- высокая точность получаемых отверстий IT 7-9;
- низкая шероховатость получаемых отверстий $Ra\ 0,32 \dots 1,25$;
- малый увод осей отверстий $0,01 \dots 0,02\text{ мм/100 мм}$;
- простота переточки инструмента;
- возможность нанесения износостойких покрытий на рабочие части сверла.

Ружейное сверло состоит из трёх основных элементов, рис 1.3.4 [1]:

1. режущий твердосплавный наконечник (рабочая часть);
2. стальной трубчатый стержень с V образной наружной канавкой;
3. хвостовик.

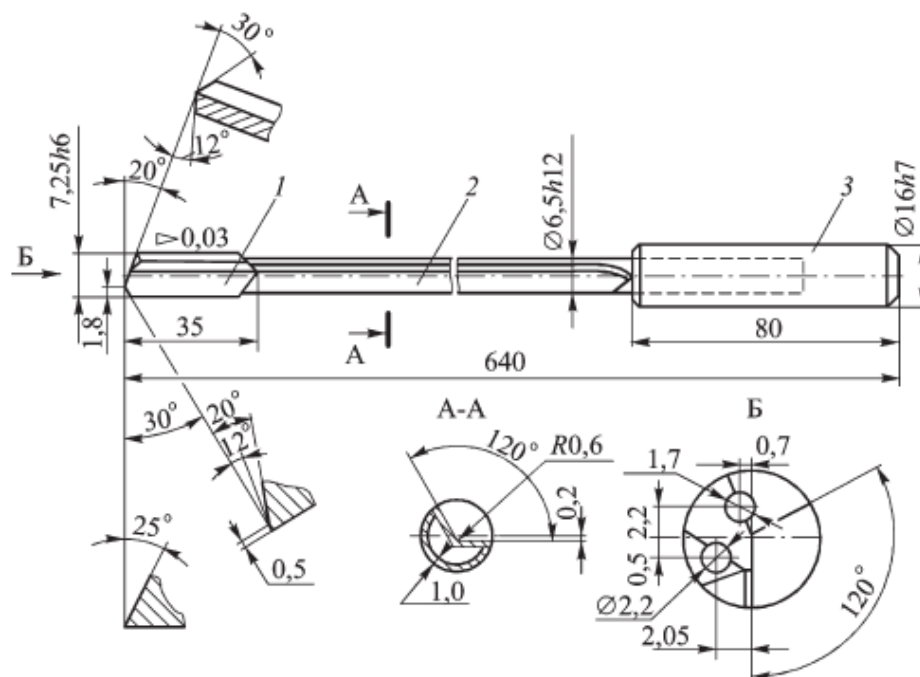


Рисунок 1.3.4 – Ружейное сверло

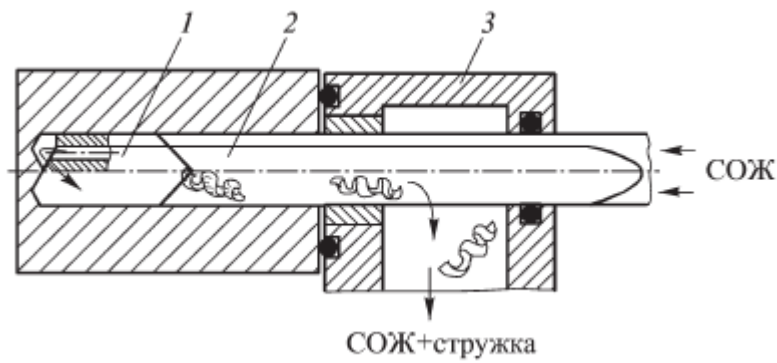


Рисунок 1.3.5 - схема обработки глубокого отверстия ружейным сверлом:
1 – наконечник; 2 – стебель; 3 – стружкоприёмник.

В настоящее время в машиностроении применяют ружейные свёрла разнообразных конструкций. Их классификацию можно привести по следующим признакам, приведённым на рисунке 1.3.6. [1]

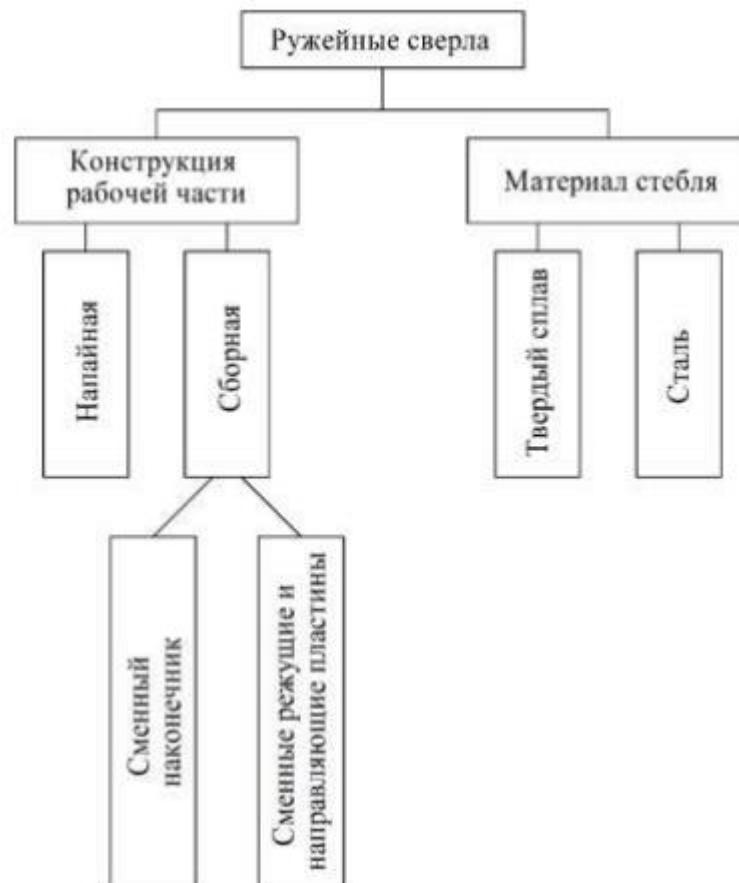


Рисунок 1.3.6 – Классификация ружейных свёрл

Сверла БТА

В справочной литературе утверждается, что существуют свёрла Ø от 6 до 180 мм, но возможно наличие образцов с большим диаметром обработки. Глубина обрабатываемого отверстия может достигать ста диаметров с точностью диаметральных размеров по IT 7 – 9, увод оси при сверлении такого рода свёрлами составляет, по разным оценкам, от 0,01 до 0,03 мм на каждые 100 мм длины отверстия, при шероховатости получаемого отверстия равной Ra 2,5 мкм. [1, 2, 5]

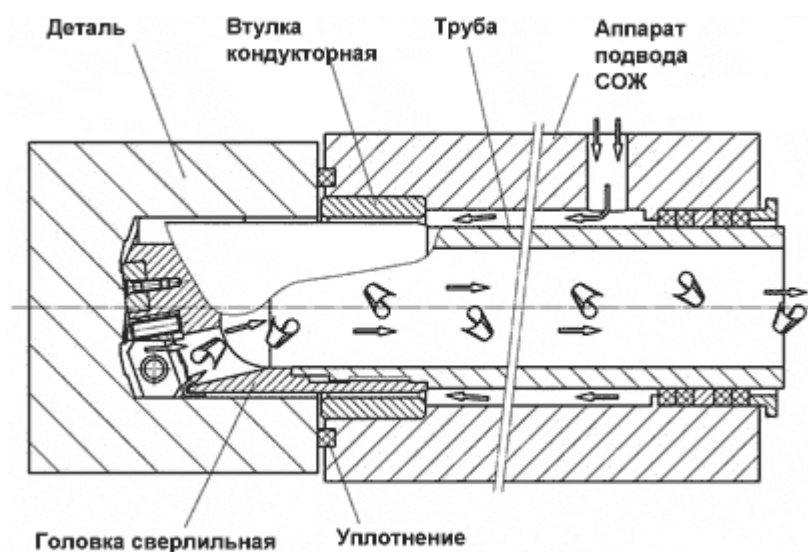


Рисунок 1.3.7 Конструкция сверла БТА

БТА (Boring and Trepanning Association) распространённая технология применяемая для глубокого сверления.

Сверло БТА работает с наружной подачей СОЖ между стенками обработанного отверстия и стенкой вала-трубы. Устранение СОЖ и вместе со стружкой из зоны резания производится через внутренний канал. Подача СОЖ производится с помощью аппаратов подвода СОЖ, которые устанавливаются на станках для глубокого сверления. Обеспечивается уплотнение между заготовкой и кондукторной втулкой не позволяющее снижаться давлению СОЖ чрезмерно. Схема сверления представлена на рисунке 1.3.7. [1]

Для подачи СОЖ под большим давлением используется специальное устройство – маслоприемник. Кроме подачи СОЖ в зону резания

маслоприемник выполняет следующие функции: - герметизацию области резания; - направление инструмента в начальной стадии обработки за счет кондукторной втулки; - удержание и центровки заготовки (в исполнении с конусным зажимом).

После получения самого отверстия необходимо учесть все погрешности, полученные в процессе. Для того чтобы нивелировать или полностью избавиться, в определённых пределах, от неточностей необходимо заложить в технологию обработку с целью повышения качества отверстия.

Методы повышения точности отверстия и увеличения качества поверхности

Дальнейшая обработка отверстия может пойти различными путями, но обычно полученные сверлением отверстия определены как черновая операция и предназначены для дальнейшей обработки одним из следующих видов инструмента. [1]

Протягивание

Применяют для обработки отверстий с широким диапазоном диаметров, от 3 до 100 мм, длина обработки больше зависит от геометрических возможностей обрабатывающего, литература указывает на наличие протяжек длиной до 100 диаметров и более. Точностью размеров соответствует 7 – 9 качеству при шероховатости получаемого отверстия от 0,63 до 1,25 мкм по Ra. Обработке применяются практически любые материалы с твёрдостью до 52 HRC. [1] Протягивание:

- Увеличивает точность диаметральных размеров;
- Увеличивает точность формы отверстия;
- Снижает искривление оси отверстия;
- Снижает шероховатость полученных поверхностей.

Протяжки с кольцевыми зубьями

Применяют для обработки глубоких отверстий. Характеризуются малым числом зубьев с увеличенным шагом, что способствует большого количества стружки. [1]

Винтовые протяжки

Имеют меньше диаметральной свободы и применяются для обработки отверстий диаметром от 4 до 32 мм, но получают возможность обработки отверстий с практически неограниченной длиной. Характеристики точности и шероховатости получаемого отверстия остаются неизменными. Ограничение на диаметр протяжки накладывается в связи с винтовой волнистостью оной. [1]

Зенкерование

Применяется для обработки отверстий диаметром от 7 до 50 мм. Может быть как финишной, так и подготовительной операцией.

- Диаметральная точность IT 7 – 9
- Шероховатость поверхности до $Ra = 1,25 \dots 0,4$ мкм. [5]

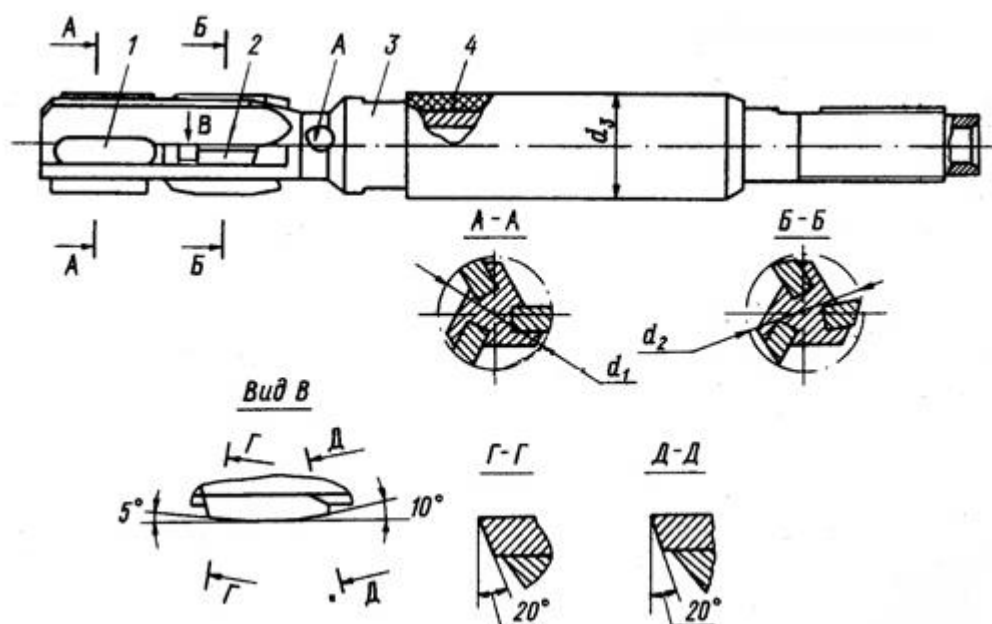


Рисунок 1.3.8 конструкция зенкера
 1 – текстолитовые направляющие шпонки; 2 – режущие элементы;
 3 – паз корпуса; 4 – втулка текстолитовая.

Развёртывание

Применяют для окончательной обработки цилиндрических и конических отверстий.

Виды развёртываний:

- черновое (нормальное);
- чистовое (точное);
- тонкое.

При развёртывании достигается

- точность диаметральных размеров IT 6 – 9;
- шероховатость Ra 0,32 – 1,25 мкм.

Развертки представляют собой многолезвийный инструмент. На рисунке 1.2.9 представлена схема развёртки.

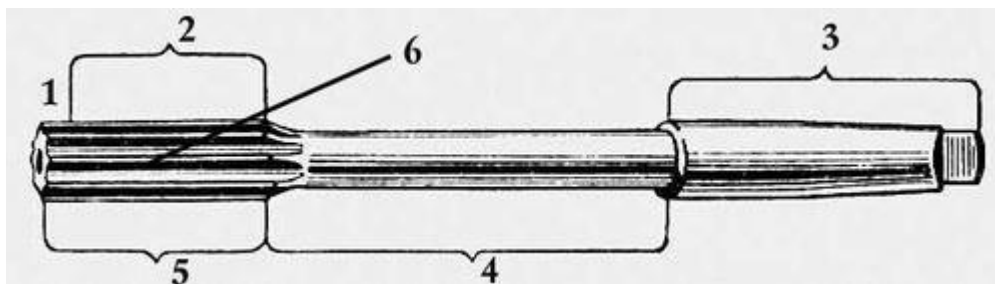


Рисунок 1.3.9 схема развёртки 1 — режущая часть; 2 — калибрующая часть; 3 — хвостовик; 4 — шейка; 5 — рабочая часть; 6 — зуб.

Дорнование

Операция дорнования, для глубоких отверстий малого диаметра, является наиболее производительной операцией, когда целью операции является увеличение качества отверстия, но не способна к исправлению осей отверстия. Происходит холодная пластическая деформация заготовки посредством поступательного движения инструмента через отверстие с некоторым натягом. Поверхность отверстия заготовки претерпевает ряд изменений:

- Увеличивается диаметр;
- Верхний слой материала подвергается упрочнению;
- Снижение поверхностных неровностей.

Данный метод относят к размерно-упрочняющим. Широкое распространение получил в серийном и массовом производстве [9, 11]. В процессе дорнования заготовок изменяется не только внутренний размер заготовки, но и внешний.

Инструментом являются

- Шарики из стали и твердого сплава;
- Однозубые и многозубые прошивки и протяжки.

Общая схема рабочего зуба в большинстве случаев выглядит следующим образом два усеченных конуса, соединённых цилиндрической ленточкой. Диаметр цилиндрической ленточки определяет диаметр обработанного отверстия. Рабочий и выходной конусы чаще принимаются равными по углу, но разнятся по длине. Полный угол при вершине конуса обычно составляет от 6 до 10°, а ленточку принимают шириной от 0,1 до 3 мм [9,11]. Применение твёрдых сплавов позволяет обеспечить высокую стойкость инструментов, улучшить качество обработанной поверхности и в большинстве случаев устранить схватывание заготовкой в процессе обработки инструмента.

Дорнование применяют для деформирующей обработки отверстий практически любого диаметра, при условии физической возможности, глубиной от 25 до 100 диаметров. Таким образом обеспечивается точность размеров по IT 6 – 9, и шероховатостью по Ra от 0,32 до 0,63 мкм возможны даже лучшие результаты. [1]

Смазочный материал оказывает большое влияние на процесс дорнования. Правильно подобранная смазка:

- Препятствует схватыванию инструмента заготовкой.
- Снижает деформирующее усилие
- Повышение качества поверхности.

Смазки:

- Для обработки углеродистых и малолегированных сталей рекомендуется применять МР-1, МР-2, МР-3, МР-7. [9,11]
- При дорновании отверстий в деталях из высокопрочных, высоколегированных сталей и сплавов смазки на основе эпоксидных смол и MoS_2 , C_2 , BN. [9,11]
- При обработке деталей из чугуна следует использовать очищенный керосин. [9,11]

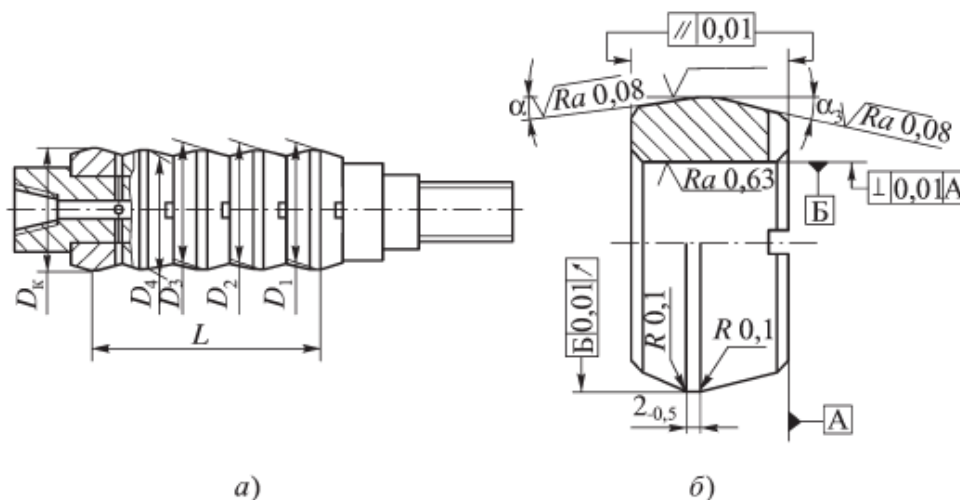


Рисунок 1.3.10 Многозубый дорн для обработки глубоких отверстий:
а – общий вид, б – деформирующий элемент (кольцо)

Отрицательными сторонами дорнования является поведения размерной характеристики отверстия вблизи начала и окончания процесса дорнования, так называемый краевой эффект. Характеризуется он выдавливанием части материала заготовки в свободное пространство за торцами заготовки, что приводит к увеличению, разбивке, входного и выходного диаметра отверстия [9, 11].

Так же следует учитывать влияние такого параметра как усадка. При прочих равных условиях усадка отверстий в целом тем больше, чем больше упругое восстановление материала заготовок, которое в свою очередь, приближенно определяется отношением предела текучести к модулю нормальной упругости материала [9].

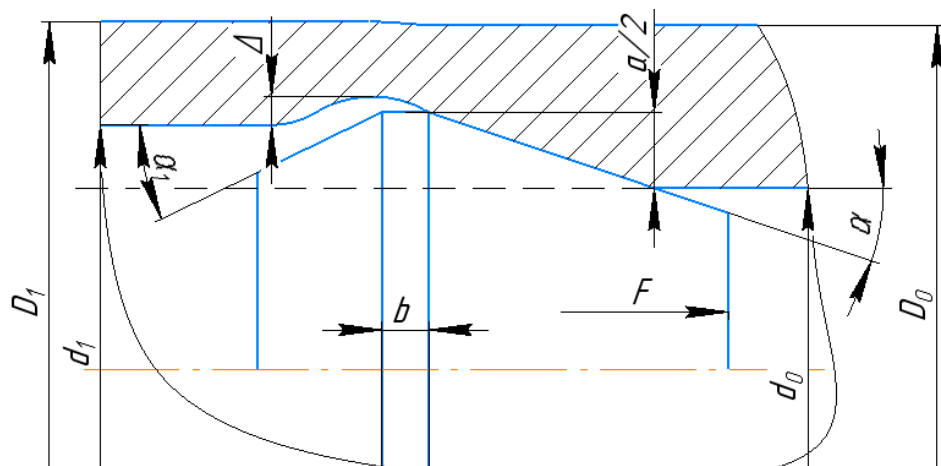


Рисунок 1.3.11 Схема уменьшения диаметра отверстия (усадки) после дорнования

Где: $\frac{a}{2}$ – половинный натяг; F – усилие;

d_0 – диаметр отверстия до обработки;

d_1 – диаметр отверстия после обработки;

D_1 – внешний диаметр после обработки;

D_0 – внешний диаметр до обработки;

α_1 и α – полууглы конусов дорна;

b – ширина калибрующей ленты;

Δ – усадка.

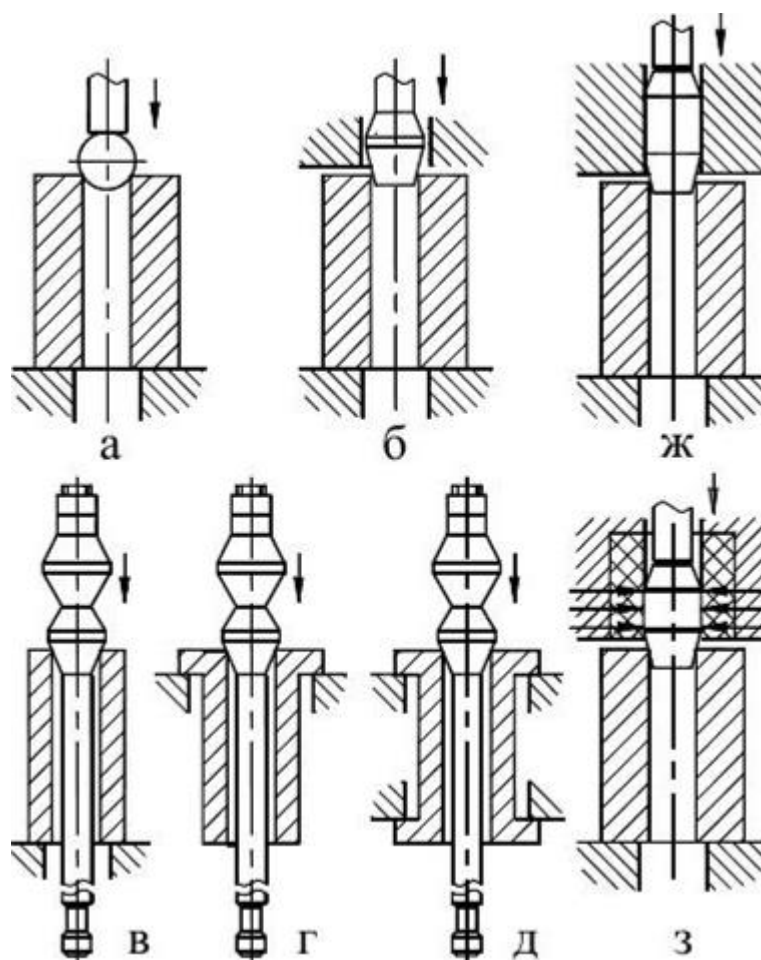


Рисунок 1.3.12 Схемы дорнования отверстий:

- а - шаром;
- б - консольно закрепленной однозубой прошивкой;
- в - многозубой протяжкой со сжатием заготовки;
- г - многозубой протяжкой с растяжением заготовки;
- д - многозубой протяжкой с осевым заневоливанием заготовки;
- ж - однозубой незакрепленной в осевом направлении прошивкой, размещенной с зазором в направляющей втулке;
- з - однозубой незакрепленной в осевом направлении прошивкой, размещенной с натягом в направляющей втулке.

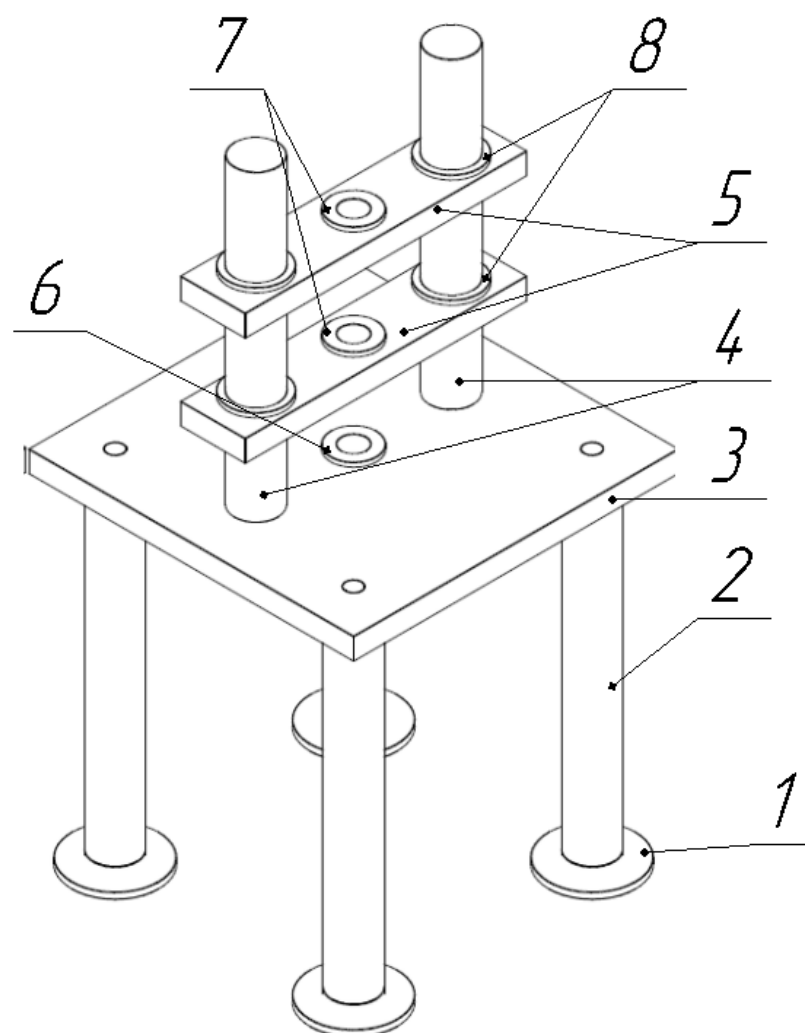


Рисунок 1.3.13 Схема установки

1 – опора; 2 – ножка опоры; 3 – базовая плита; 4 – направляющие;
5 – пластина подвижная; 6 – втулка металлическая; 7 – втулки направляющие
фторопластовые; 8 – втулки направляющих фторопластовые.

Дорнуемый образец устанавливается на втулку 6 прижимается нижней направляющей пластиной 5, во втулку 7 на нижней направляющей пластине вставляется дорн. Через втулку 7 верхней направляющей пластины 5 до упора с дорном устанавливается вал. Далее работа происходит по схеме б рисунок 4. В процессе дорнования заготовка самоустанавливается под воздействием сил, оказываемых дорном.

Растачивание и шлифование

Растачивание и шлифование широко применяют для исправления оси просверленного отверстия относительно коротких заготовок и обеспечения высокой точности диаметра. [1]

Хотя на текущий момент представители различных брендов представляют расточные головки для всевозможных диаметров, для обработки отверстий в цилиндре плунжерной пары из-за большой глубины и малого диаметра такая операция как растачивание, так и шлифование становится либо невыполнимыми, либо низко производительными. По этой причине эти методы не рассматриваются подробно в данной работе.

Хонингование

Применяют для окончательной обработки отверстий.

Его характеризует:

- Возможный диаметр обработки от 1 до 1500 мм;
- Длина обрабатываемого отверстия до 25 000 мм;
- Точность получаемых диаметральных размеров варьируется в пределах IT 5...6, а шероховатость после обработки в пределах от 0,08 до 0,32 по Ra.

Для глубоких отверстий диаметры обработки начинаются от 4 и заканчиваются 300 мм. Для обработки таких отверстий применяются хонинговальные головки:

- а) одно и много брусковые;
- б) однорядные и многорядные. [1]

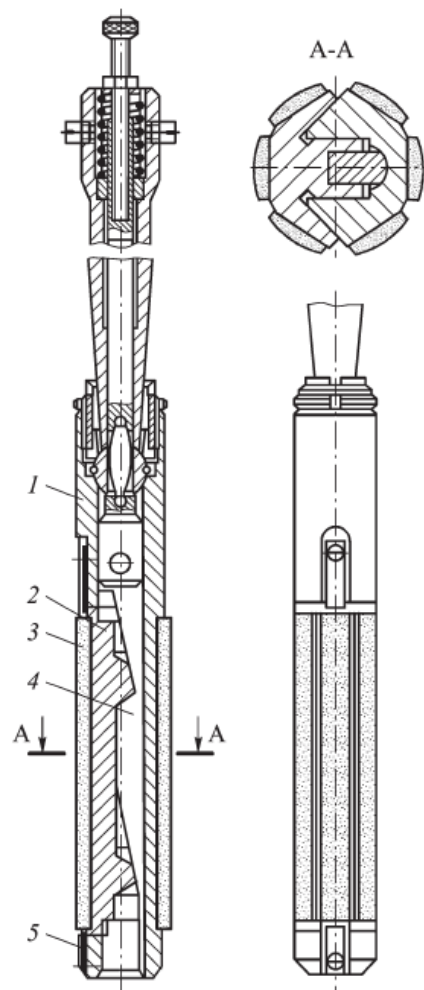


Рисунок 1.3.14 Хонинговальная головка повышенной жесткости для обработки глубоких отверстий диаметром 43 мм

Доводка

Снятие малых слоев металла абразивами с мелким зерном на основе абразивных порошков с использованием смазки. Применяются как порошковые притиры, так и алмазные пасты. В качестве притира выступают инструменты из мягких материалов: серый чугун перлитной структуры, латунь и т.п.

Является отделочной операцией. Часто выполняется для селективной сборки частей работающих в паре. Так же используется для обеспечения высокой точности размеров и формы, снижения высоты неровностей. Точность после обработки может соответствовать IT 3 – 5. Шероховатость поверхности Ra от 0.02 до 0.01.

Притиры

Различают два вида притирки:

- притирка шаржирующимся абразивом
- притирка нешаржирующимся абразивом.

Притирка шаржирующимся абразивом наиболее распространена. Осуществляется при свободной подаче абразива в среде жидкой смазки, либо уже шаржированным притиром совокупно с вязкой смазкой.

Притиры делятся на:

- ручные;
- машинно-ручные;
- машинные;
- монтажные.

В зависимости от притираемой детали и/или поверхности вид притира может изменяться, так как в данной работе речь идёт о обработке отверстий, то и рассматриваемые притиры будут иметь такую же направленность. Притиры имеют вид валиков или конусов. Притир может быть как цельным

так и составным, раздвижным или регулируемым. На рисунке 1.3.15 приведены примеры притиров.

Притирочные пасты — в основном это оксиды хрома или кремния. Шаржирующиеся порошки: алмаз, электрокорунд белый и нормальный, карбид бора, стекло, полировочный крокус и пр. Для грубых операций используют крупнозернистые притиры с последующим снижением зернистости. Как смазку используют: керосин или бензин. При предварительном шаржировании притира используется керосин или машинное масло.

Для притирки нешаржирующимся абразивом, используют притиры чья твёрдость выше притираемого материала. Используют окиси хрома или крокус. Смазкой выступают: керосин и машинное масло для стали. Смесь натуральных жиров с машинным маслом для меди и ее сплавов.

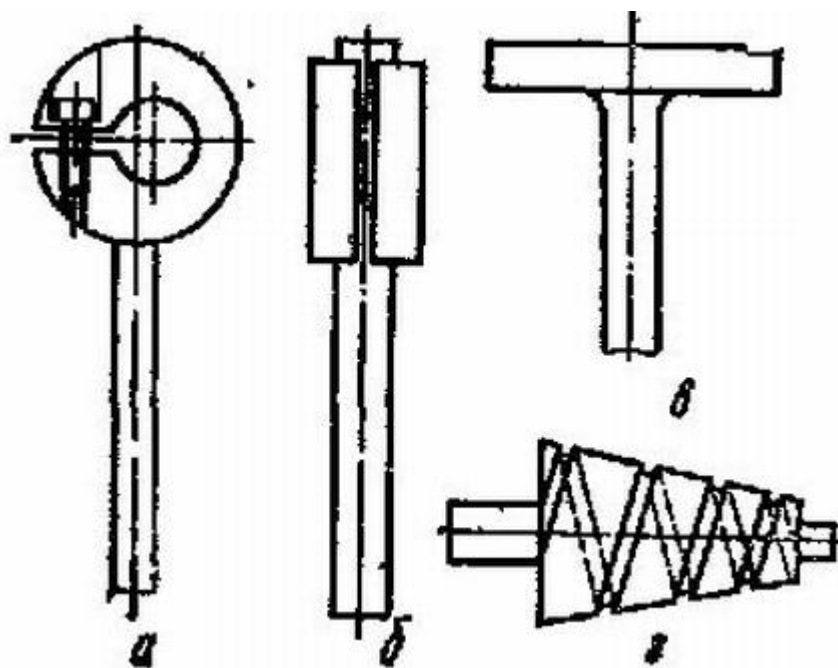


Рисунок 1.3.15 притиры
а — для валов; б — для отверстий; в — дисковый; г — конусный.

Доводочные операции очень времяёмкие и не производительные. Изделия, имеющие в своём технологическом процессе эту операцию, после доводочной операции, целью которой может являться точность размером и качество

поверхности, необходимо обработать для повышения износостойкости полученного отверстия. Для таких целей вполне можно использовать покрытие отверстия хромом. По этой причине следует рассмотреть следующий раздел.

1.4 Методы повышения износостойкости

Для повышения износостойкости поверхностного слоя деталей применяют методы ППД (поверхностной пластической деформации), нанесение покрытий и поверхностную закалку. Для обработки глубоких отверстий малого диаметра наиболее эффективным методом ППД является дорнование, который вкратце описан выше. Поверхностную закалку для таких деталей реализовать практически невозможно, из-за недостаточного пространства. Ниже приведены общие сведения о покрытиях и рассмотрены гальванический и pvd методы нанесения покрытий.

Покрытия можно классифицировать по:

- толщине;
- прочности связи с основанием;
- материалам покрытий;
- функциональным признакам;
- по способу нанесения.

По толщине покрытия подразделяются на:

- ультратонкие, h менее 1 микронметра;
- высокотонкие – от 1 до 10 микронметров;
- микротонкие – от 10 до 40 микронметров;
- миллитонкие – от 40 до 300 микронметров;
- тонкие – от 300 до 1000 микронметров;
- средние – от 1 до 3 миллиметров;
- толстые – от 3 до 8 миллиметров;
- сверхтолстые – более 8 миллиметров.

По прочности связи покрытия с основанием:

- очень слабая – $0 < \sigma_{cb} < 0,1 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0})$;
- слабая – $0,1 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0}) < \sigma_{cb} < 0,5 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0})$;
- посредственная – $0,5 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0}) < \sigma_{cb} < 1 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0})$;

- нормальная (хорошая) – $1 \min(\sigma_{b1}, \sigma_{b0}) < \sigma_{cb} < \max(\sigma_{b1}, \sigma_{b0})$;
- высокая – $\max(\sigma_{b1}, \sigma_{b0})$;

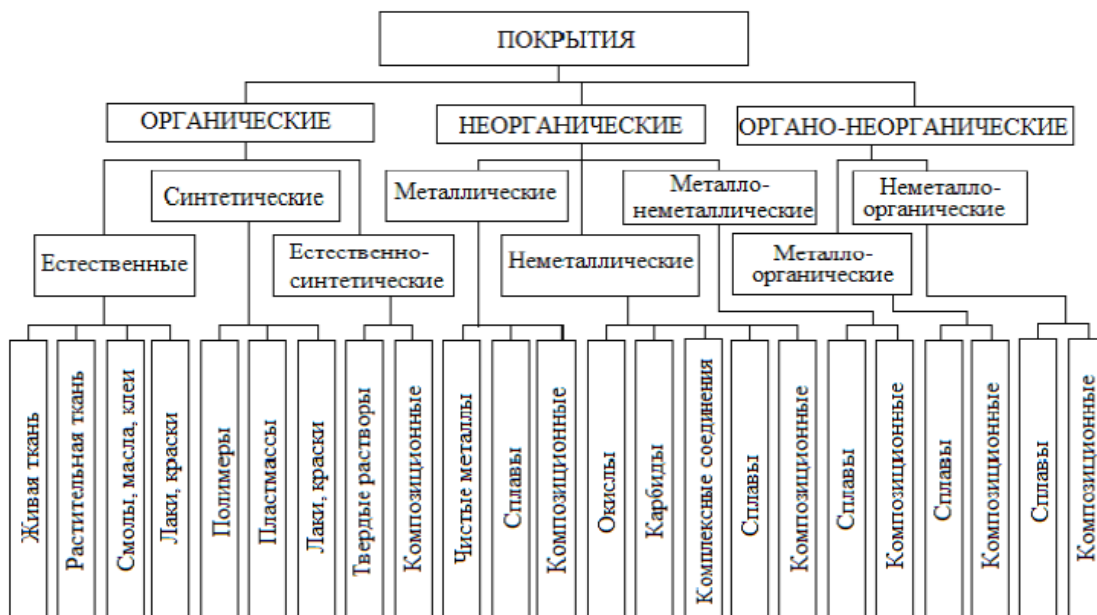


Рисунок 1.4.1 классификация покрытий по материалам

Покрытия по функциональным признакам бывают:

- стойкие;
- механико-прочностные;
- декоративные;
- теплотехнические;
- светотехнические;
- электрорадиотехнические;
- физико-химические;
- экранирующие;
- поверхностно-активные;
- преобразующие;
- биохимические;
- специальные.

Характеристика покрытий металлов по способу их нанесения приведена в табл. 1.4.1. В связи с конкретной направленностью работы, рассмотрены будут гальванические и вакуумно-плазменные виды покрытий.

Таблица 1.4.1

Виды покрытия	Характеристика	Области применения
1	2	3
Гальванические	Покрyтия, получаеmые электрокристаллизацией. Имеют чистый осаждённый материал. Высокую коррозионную стойкость. Обладают высокими механическими свойствами.	Защитные коррозионно-устойчивые покрытия. Защитно-декоративные.
Вакуумно-плазменные	Покрyтия, получаеmые методом парофазного осаждения. Имеют высокую сплошность покрытия и хорошую адгезию.	Имеют широкое применение в технике, медицине, легкой промышленности для защиты материалов и для декоративной отделки, а также при производстве ядерного топлива

Гальванические покрытия

Наибольшее распространение из всех методов нанесения покрытий получил метод электролитического осаждения. Причиной послужило:

- простотой процесса;
- низкая себестоимость;
- возможность контроля и автоматизации;
- широкий спектр возможностей варьирования покрытий;
- возможностью удаления и реставрации покрытий;
- возможностью локального нанесения и наращивания слоя;
- способность к покрытию деталей различной конфигурации;
- возможность создавать композиционные, аморфные, нанокристаллические покрытия.

Данный метод покрытия критично относится к структуре покрываемого материала основы и осаждаемого материала. Широкое распространение получили покрытия с содержанием хрома, никеля, медью и пр.

Отрицательной стороной гальванического покрытия сталей является раскисление основы из-за физикохимических характеристик самого процесса гальванического покрытия. Хромовые покрытия более электроположительны в ряду напряжений относительно сталей. Наличие сквозных пор в покрытии, что неизбежно при первом – втором слое гальванического покрытия, приводит к прониканию токов такого направления, при которых раскисляется основа. При определенных обстоятельствах это приводит к отслаиванию покрытия. Важной характеристикой покрытий является их сплошность, для достижения хороших показателей в данном вопросе гальванические покрытия проводят в несколько слоёв. В случае хромирования применяют предварительное никелерование слоем 1 мкм, чего достаточно для защиты от коррозии даже в случае нарушения качества осаждённого покрытия. [16]

Погружают металлический электрод в раствор, содержащий ионы осаждаемого металла, существуют процессы перехода ионов металла с поверхности металла в раствор и обратный процесс. Таким образом поверхность электрода приобретает заряд. Знак этого заряда будет зависеть от того, какой из процессов будет протекать. [16]

Образовавшиеся в результате электролитической диссоциации ионы движутся беспорядочно. Если же в электролит на некотором расстоянии поместить два токопроводящих электрода (катод « - », анод « + »), присоединенных к источнику постоянного тока (рис 2), то под действием электрического поля ионы будут двигаться направленно. [16]

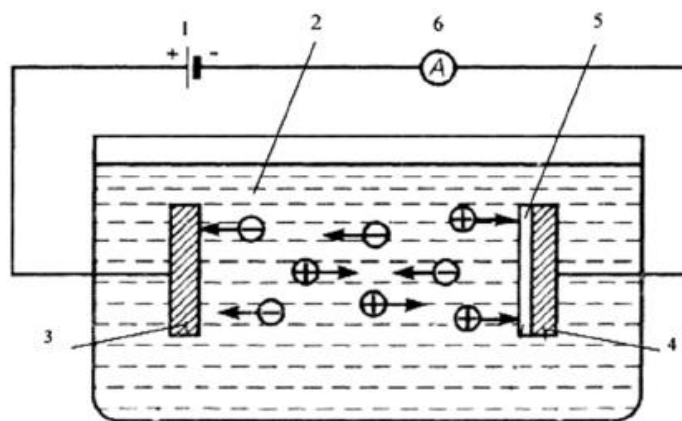


Рисунок 1.4.2 Схема процесса электроосаждения металлов:

1 – источник тока; 2 – раствор электролита; 3 – анод;
4 – катод; 5 – осаждающийся металл; 6 – амперметр.

Достигнув поверхности электродов, ионы разряжаются, превращаясь в нейтральные атомы или группы атомов. На катоде выделяются металлы и водород, а анод растворяется с выделением кислорода.

В качестве электролита применяют раствор соли осаждаемого металла. В электролит вводят также компоненты улучшающие его свойства. Катод – детали, подлежащие покрытию. Анод – пластины осаждаемого металла. Иногда используют аноды, не растворяющиеся в данном электролите, либо графитовые.

Твердость полученных хромовых осадков по НВ от 500 до 1000 кг/мм² это зависит от толщины покрытия и условий электролиза. В данном случае покрытие хромом рассматривается с целью повышения стойкостных характеристик получаемого отверстия и никакой декоративной ценности не несёт.

Основными проблемами электролитического хрома являются внутренние аноды и неравномерность нанесения покрытия по всей длине отверстия. Покрытия могут быть пористыми и не сплошными.

Вакуумно-плазменные покрытия

Нанесение покрытий таким методом подразделяется на две группы:
CVD – chemical vapor deposition – химическое осаждение покрытия из пара и

PVD - physical vapor deposition – физическое осаждение из пара. Данные методы способны обеспечить нанесение покрытий из чистых металлов, сплавов, и/или соединений.

Методы CVD основаны на осаждении покрытия в результате химической реакции на поверхности подложки. Реакцию можно начать с помощью температуры, плазмы, фотонов или каталитической реакцией подложки.

Методы PVD основаны на переводе осаждаемого материала в паровую (или/и плазменную фазу) с последующим осаждением его на подложку.

Метод вакуумно-плазменного напыления позволяет получать монослойные, многослойные и композиционные покрытия широкого спектра материалов, которые предупреждают образование геометрических, кристаллохимических и физико-механических дефектов на поверхностных слоях инструментального материала.

Из положительных сторон стоит отметить:

- Универсальность могут осаждаться все твердые элементы и материалы;

- Возможно получение тонких пленок и достаточно толстых покрытий.

Толщина слоя 5-260 мкм;

- Экологическая чистота и возможность переработки;

- Не образуется вредных отходов;

- Получаемые образцы обладают высокой коррозионной стойкостью.

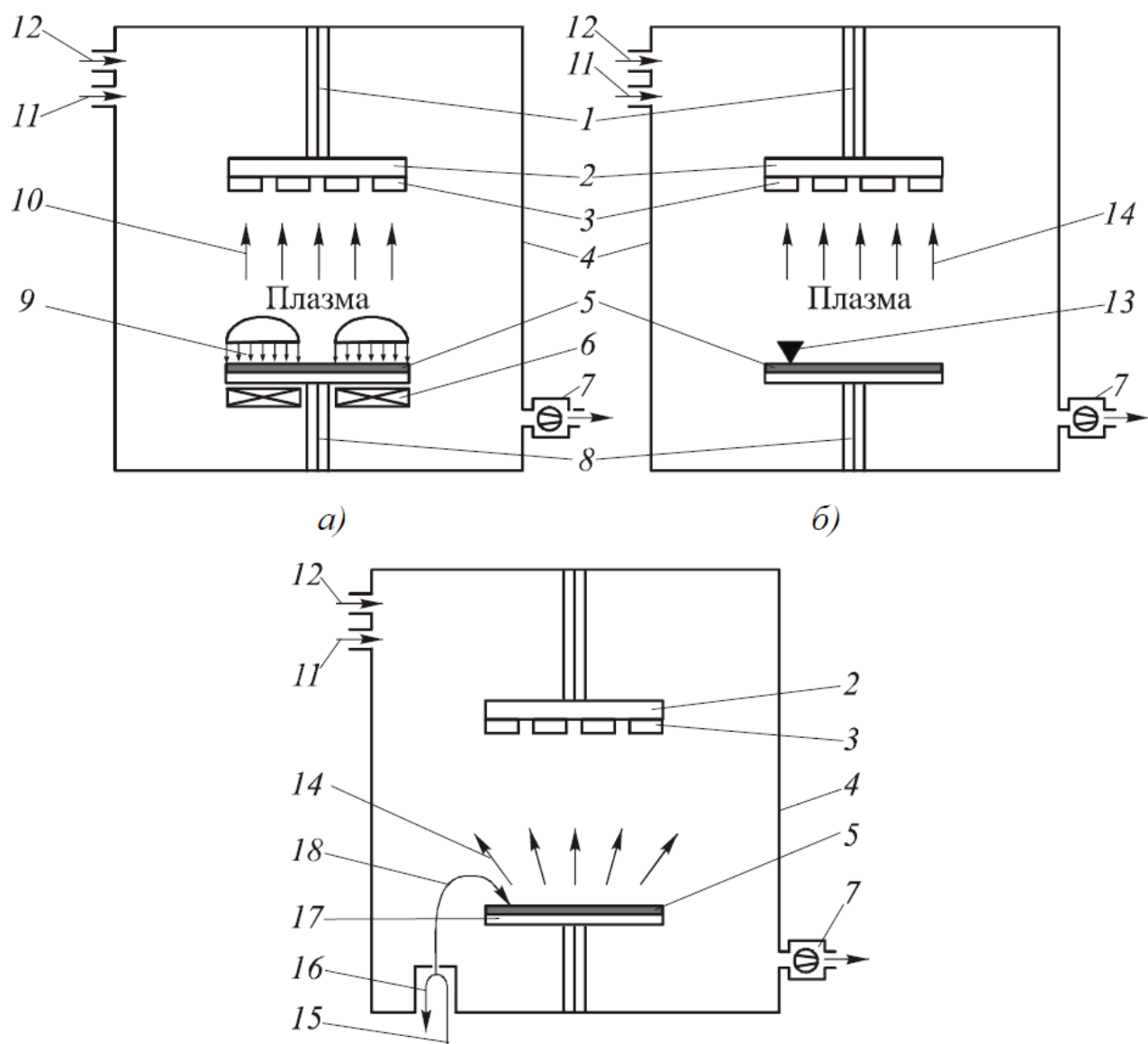


Рисунок 1.4.3 Принципиальные схемы нанесения покрытий на детали PVD-методами
 а – магнетронным распылением; б – вакуумно-дуговым испарением; в – электронно-лучевым испарением;

- 1 – подача напряжения смещения; 2 – держатель инструментов; 3 – инструмент;
 4 – вакуумная камера; 5 – осаждаемый материал;
 6 – магнитная система для магнетронного распыления; 7 – вакуумный насос;
 8 – подача разрядного напряжения; 9 – ионный пучок;
 10 – распыленный материал; 11 – реакционный газ; 12 – инертный газ; 13 – катодное пятно;
 14 – испаренный материал; 15 – подача ускоряющего напряжения; 16 – термокатод; 17 – тигель;
 18 – электронный луч

1.5 Задачи исследования

На основании информационно-аналитического обзора были сформулированы следующие задачи:

1. Разработать технологию изготовления экспериментальных образцов, имитирующих цилиндр плунжерной пары из разных материалов, с применением разных методов упрочнения поверхности:
 - Из стали 12X18H10T без термообработки с вакуумно-плазменным покрытием хромом;
 - Из стали 95X18 с объёмной закалкой до твёрдости 56...58 HRC.
2. Исследовать точность получаемых отверстий на разных этапах технологического процесса после:
 - сверления;
 - одно циклового и двух циклового дорнования;
 - термообработки.
3. Исследовать степень наклёпа и глубину упрочнения стали 12X18H10T подвергнутую одноцикловому дорнованию;
4. Определить возможности нанесения покрытия заданной толщины на поверхность глубокого отверстия стали 12X18H10T.

2. Технология изготовления экспериментальных образцов

На основании литературно-аналитического обзора и полученных данных была предложена технология изготовления экспериментального образца, имитирующего цилиндр насоса-дозатора.

Таблица 2

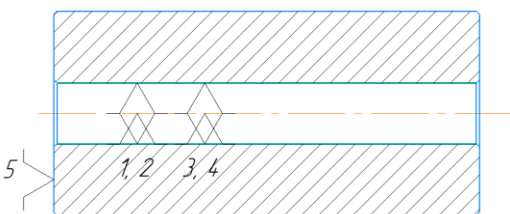
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
005	0	Заготовительная	
	A	Установить и снять заготовку	
	1	Отрезать заготовку выдержав размер 135_{-1}	
010		Токарно-винторезная	
	A	Установить и снять заготовку	
	1	Подрезать торец выдерживая размер 135_{-1}	
	2	Сверлить центровое отверстие выдерживая размеры 8^{+2}; \phi 5	
	3	Сверлить на проход \phi 10,8	

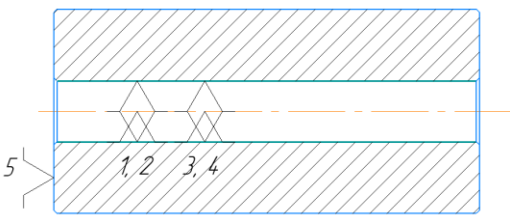
Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
	4	Точить фаску, выдерживая размер $0,5 \pm 0,1 \times 45^\circ$	
	5	Острые кромки притупить фаской $0,2 \times 45^\circ$	
	Б	Установить и снять заготовку	
	1	Подрезать торец выдерживая размер $130 \pm 0,5$;	
	2	Точить фаску, выдерживая размер $0,5 \pm 0,1 \times 45^\circ$	
015	3	Острые кромки притупить фаской $0,2 \times 45^\circ$	
	А	Установить и снять деталь	
	1	Точить выдерживая размер $\varnothing 18,5 \pm 0,1$	
020	2	Острые кромки притупить фаской $0,2 \times 45^\circ$	
	А	Дорнование Установить и снять деталь	

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
	1	Дорновать выдерживая размер $\phi 11^{+0.03}_{-0.01}$	
025		Доводочная	
	A	Установить и снять деталь	
	1	Притирка	

Для образцов из материалов 95X18 и 12X18Н10Т были предложены варианты окончания технологического процесса представленные в продолжении таблицы 2

Таблица 2 Продолжение

95X18			
030		Термическая	
		Заказлить Отпустить до 56-58 HRC	
035		Доводочная	<div>$\sqrt{Ra\ 0,1}$</div> 
	A	Установить и снять деталь	
	1	Притирка	

12X18H10T			
030		Вакуумно- плазменное напыление	
		Хромировать Толщина покрытия $0,008\pm 0,003$	
035		Доводочная	<div>$\sqrt{Ra\ 0,1}$</div> 
	A	Установить и снять деталь	
	1	Притирка	

2.1 Методика проведения экспериментов

Для проведения исследований были подготовлены образцы, рисунок 2.1.1, и на основе информации информационно-аналитического обзора разработана экспериментальная технология изготовления цилиндра плунжерной пары.

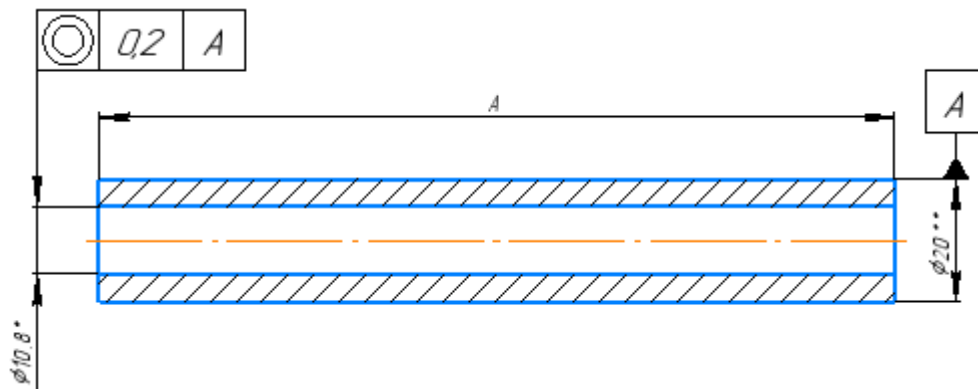


Рисунок 2.1.1 Образцы

Все исследования проводились на базе оборудования ООО «Промышленная механика».

Всего был изготовлен 21 образец:

- 10 образцов из стали 95X18 (4 образца длиной 130 мм, 2 образца длиной 60 мм, 2 образца длиной 30 мм, 2 образца длиной 15 мм).;
- 11 образцов из стали 12X18H10T (5 образцов длиной 130 мм, 2 образца длиной 60 мм, 2 образца длиной 30 мм, 2 образца длиной 15 мм).

3 образца из стали 12X18H10T вместе с 8 образцами из стали 95X18 сверлили следующим образом:

- Токарный станок с ЧПУ GOODWAY GLS 1500;
- Свёрла ружейные фирмы Votek K15B 38/14 Ø11x200 [мм x мм];
- Смазочно-охлаждающая жидкость ECOCOOL SOLUBLE 20.

Режимы сверления для обоих типов материала:

Скорость резания, V	60 м/мин
Подача, S	0,03 мм/об

Для оставшихся 8 образцов из стали 12X18H10T и 2 образцов из стали 95X18 применяли:

- Токарный станок универсальный УТ16ПМ;
- Свёрла спиральные фирмы ТИЗ СЦ 0397 А Ø10,8 x 142 [мм x мм];
- Смазочно-охлаждающая жидкость ECOCOOL SOLUBLE 20.

Режимы сверления для обоих типов материала:

Скорость резания, V	10,7 м/мин
Подача, S	ручная

Затем образцы подвергались операции дорнования. В соответствии со схемой, рисунок 1.3.12 б, обработка отверстий дорнованием твердосплавным дорном в качестве смазки использовали смесь И-20 и дисульфита молибдена в пропорции 1:1. Для образцов обоих материалов были запланированы одно-, двух- и трёхцикловое дорнование, но при попытке двуциклового дорнования образцов из материала 12X18H10T произошло схватывание и резкое увеличение необходимого усилия для дорнования. Предположительно причиной случившегося стал износ дорна. Потому после извлечения и полировки дорна была предпринята повторная попытка дорнования того же образца, но с обратной стороны. При повторной попытке был получен тот же результат в связи с чем сделан вывод о невозможности дорновать вторично образцы 12X18H10T с использованием смазки MoS₂ по причине адгезионного схватывания. Для устранения вероятно необходимо использовать иную смазочную среду. Потому дальнейшая обработка дорнованием образцов 12X18H10T была прекращена. Подробности представлены в разделе «Анализ экспериментальных данных».

После дорнования образцы подвергаются притирке с использованием цельного латунного притира и алмазных паст, ГОСТ 25593—83. Притирка производилась в несколько этапов начиная от грубых паст, АСМ 40/28 НОМ (АСМ обозначает марку алмазного порошка, 40/28 микрон – зернистость алмазного порошка, Н – нормальную массовую долю алмазов, О – смываемость органическими растворителями, М – мазеобразной консистенции), и заканчивая тонкой обработкой, АСМ 1/0 НОМ.

Далее образцы из стали 95Х18 были закалены до 56...58 HRC. Закалка проводилась в электропечи открытого типа.

Образцы из стали 12Х18Н10Т подвергали вакуумно-плазменному напылению на установке ВПТ-010. Для проверки равномерности нанесения покрытия в зависимости от глубины отверстия Ø11 мм были использованы образцы длиной 130, 60, 30 и 15 мм. Напыление производилось на базе ООО «ПК МИОН».

После закалки образцы из стали 95Х18 подверглись чистовой притирке.

Часть образцов из стали 12Х18Н10Т были отобраны с целью изучения степени наклёпа и глубины упрочненного слоя, полученного ими в результате сверления и одноциклового дорнования. Для чего образцы были разрезаны на электроэрозионном проволочно-вырезном станке DK77, рисунок 2.1.4, по вдоль для изготовления косых шлифов. Измерения производились на микротвердомере HVS – 1000, рисунок 2.1.5.

Образцы из стали 95Х18 после одно- двухциклового дорнования были отобраны для изучения влияния процесса дорнования и числа циклов на шероховатость поверхности. Образцы были разрезаны на электроэрозионном станке и измерены при помощи профилометра SJ-210 фирмы Mitutoyo, рисунок 2.1.6.

Для определения размеров внутренних поверхностей образцов и точности их формы после сверления использовали нутромер фирмы «Челябинский Инструментальный Завод» с ценой деления 0,01 мм.

Для определения размеров после дорнования и притирки использовался индикаторный нутромер фирмы «Carl Zeiss Jena» (Германия), оснащенный микронной индикаторной головкой с ценой деления 0,002 мм.



Рисунок 2.1.2 Общий вид использованных измерительных инструментов

Измерения диаметра отверстий проводили в двух поперечных сечениях образцов. В каждом из этих сечений измеряли диаметры в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

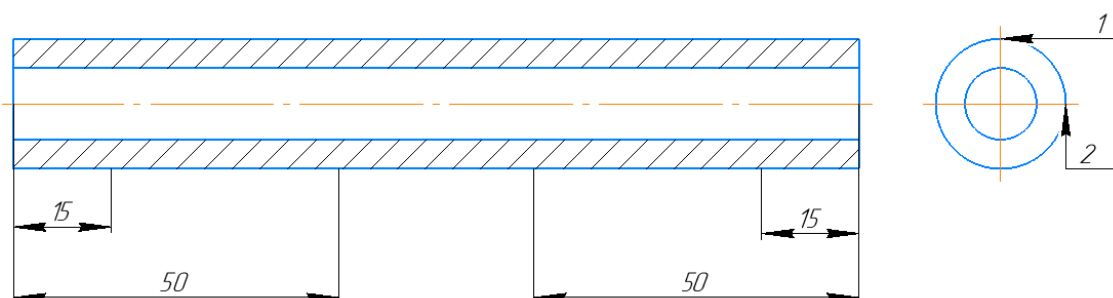


Рисунок 2.1.3 положение сечений



Рисунок 2.1.4 электроэрозионный станок DK77



Рисунок 2.1.5 Микротвердомер HVS – 1000



Рисунок 2.1.6 Профилометр Mitutoyo SJ-210

Микротвёрдость

Были выбраны 3 образца из материала 12Х18Н10Т, прошедших одноцикловое дорнование.

Упрочнение определяли путем измерения микротвердости при нагрузках на пирамиду 0,98 и 1,96 Н. Измерения проводили на косых шлифах. Из заготовок на электроэрозионном станке вырезали образец таким образом, чтобы плоскость косого шлифа А была приблизительно параллельна оси отверстия. Шлиф полировался алмазными пастами. Хорда b измерялась для каждого измерения, где r - радиус отверстия. Фактическое расстояние h от поверхности отверстия до точки измерения микротвердости С определяли из соотношения (вытекающего из рассмотрения треугольников AODE и DOCE).

$$h = \sqrt{r^2 + x \cdot b + x^2} - r$$

где x расстояние от этой же точки до края (точка D) косого шлифа. [9, стр 76]

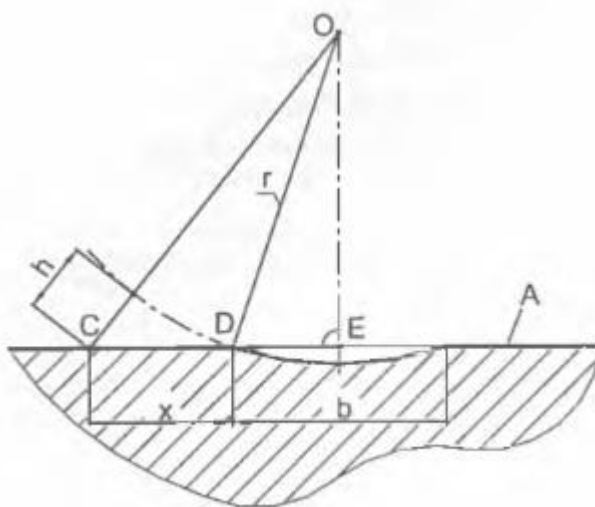


Рисунок 2.1.7 Схема поперечного сечения косого шлифа

Вакуумно-плазменное напыление

Покрытие осуществлялось на установке ВПТ 010 ООО «ПК МИОН».

Покрытие осуществлялось следующим образом:

1. Мытье образцов:

- Горячий мыльный раствор;
- Холодная проточная вода;
- Деионизированная вода;
- Сушка горячим воздухом.

2. Подготовка:

- Откачка воздуха из камеры до 10^{-5} Па;
- Чистка поверхности образца ионами очистки в течении 30 минут с поворотом стола;
- Заполнение камеры до $2,5 \cdot 10^{-5}$ Па аргоном (Ar).

3. Напыление:

- Устанавливается напряжение смещения 100В. Ток катода устанавливается 109А, напряжение 33В.
- Общее время напыления 2 часа. Каждые пол часа рабочий стол с заготовками поворачивали на 180° .

4. Окончание процесса. Охлаждение установки. Изъятие образцов из рабочей камеры (рис. 2.1.8)



Рисунок 2.1.8 Вид образцов до и после напыления



Рисунок 2.1.9 установка ВПТ-010

Термическая обработка

Как было сказано выше термическая обработка проводилась в электропечи открытого типа. Закалка проводилась до твердости 56...58 HRC.

Обработка проводилась следующим образом.

Нагрев 1050 °С. Охлаждение в масле. Отпуск при 400 °С.

3. Анализ экспериментальных данных

Ниже приведены сведения о размерах образцов после сверления и рассчитаны параметры, характеризующие статистическую точность отверстий, а именно среднее арифметическое значение диаметра отверстия после сверления и среднеквадратическое.

Более подробные таблицы для всех этапов обработки представлены в Приложении А.

Как уже было сказано выше, 3 образца 12Х18Н10Т и 8 образцов 95Х18 были просверлены ружейным сверлом Brotek Ø11 мм. В таблице 3.1. показаны размеры отверстий образцов.

Таблица 3.1 размеры после сверления ружейным сверлом

№, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ø, мм	11,045	11,045	11,035	11,040	11,060	11,060	11,075	11,055	11,100	11,090	11,045

Где: 1-3 – образцы 12Х18Н10Т, а 4-11 – образцы 95Х18.

Таблица 3.2

Марка стали	12Х18Н10Т	95Х18
Среднее арифметическое размера D, мм	11,0417	11,0656
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,00577	0,02112

Оставшиеся, 2 образца 95Х18 и 8 образцов 12Х18Н10Т, были просверлены спиральным сверлом Ø10,8 мм (производство ООО «Тиз», г. Томск). В таблице 3.3. показаны размеры отверстий образцов.

Таблица 3.3 размеры после сверления спиральным сверлом

№, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø, мм	10,895	10,888	10,962	10,915	10,940	10,948	11,037	10,920	11,013	10,905

Где: 1-2 образцы 95Х18, а 3-10 образцы 12Х18Н10Т

Таблица 3.4

Марка стали	12X18H10T	95X18
Среднее арифметическое размера D, мм	10,9618	10,9098
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,04700	0,00672

Стоит отметить результаты визуального осмотра образцов. Так, образцы из стали 12X18H10T, в которых отверстия были просверлены ружейным сверлом получили визуально лучшую поверхность относительно образцов из стали 95X18 сверлёных тем же сверлом. Ситуация была абсолютно обратной для образцов обоих материалов, полученных сверлением спиральным сверлом.

Ниже приведены сведения о точности отверстий после одноциклового дорнования.

Для того чтобы выдержать близкий к равному натяг на первом дорновании образцы были обработаны дорнованием разными дорнами. Таким образом образцы сверлёные ружейным сверлом:

№1 – дорн Ø11,05 мм; №2-3 – дорн Ø11,10 мм; №4-11 – дорн Ø11,12 мм.

Таблица 3.5 размеры группы образцов, обработанных ружейным сверлом и подвергнутых одноциклового дорнованию

№, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Ø, мм	11,047	11,084	11,090	11,095	11,110	11,115	11,105	11,105	11,120	11,115	11,095
a, мм	0,005	0,055	0,065	0,080	0,060	0,060	0,045	0,065	0,020	0,030	0,075

Таблица 3.6

Марка стали	12X18H10T	95X18
Образцы	2, 3	4 – 11
Среднее арифметическое размера D, мм	11,0868	11,1075
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,00460	0,00926

Образцы сверлѐнные спиральным сверлом были обработаны дорном Ø11,05 мм, минимальным из имевшихся.

Таблица 3.7 размеры группы образцов, обработанных спиральным сверлом и подвергнутых одноциклового дорнованию

№, мм	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ø, мм	11,028	11,026	11,032	11,049	11,041	11,036	11,037	11,040	11,036	11,036
a, мм	0,155	0,163	0,088	0,135	0,110	0,102	0,013	0,130	0,037	0,145

Таблица 3.8

Марка стали	12X18H10T	95X18
Образцы	3-10	1-2
Среднее арифметическое размера D, мм	11,0384	11,0270
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,00510	0,00141

По средним арифметическим размера отверстий для образцов из обеих сталей видно, что после одного цикла операции дорнования среднеквадратическое отклонение размера отверстия уменьшилось на порядок, что положительно характеризует операцию дорнования на данном этапе обработки.

Ниже приведены сведения по точности отверстий из стали 95X18 после двухциклового дорнования.

Для образцов сверлёных ружейным сверлом применялся дорн Ø11,14 мм.

Таблица 3.9 размеры группы образцов, обработанных ружейным сверлом и подвергнутых одноциклового дорнованию

№, мм	4	5	6	7	8	9	10	11
Ø, мм	11,1153	11,1203	11,1088	11,1123	11,1163	11,1128	11,1123	11,1095
a, мм	0,100	0,080	0,080	0,065	0,085	0,0400	0,0500	0,095

Таблица 3.10

Марка стали	95X18
Среднее арифметическое размера D, мм	11,1134
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,00375

Из таблиц 3.9 и 3.13 видно, что среднеквадратическое после двухциклового обработки снизилось почти в 3 раза, это подтверждает повышение точности за счет применения двух циклов.

Для образцов сверлёных спиральным сверлом под номерами 1 и 2 применялся дорн Ø11,07 мм.

Таблица 3.11 размеры группы образцов, обработанных спиральным сверлом и подвергнутых двухциклового дорнованию

№, мм	1	2
Ø, мм	11,0362	11,0317
a, мм	0,156	0,165

Таблица 3.12

Марка стали	95X18
Среднее арифметическое размера D, мм	11,0339
Среднеквадратическое отклонение D, мм	0,00315

Для образцов из стали 95X18, в которых отверстия получали спиральным сверлам сравнивать точность после одноциклового и двухциклового дорнования не корректно из-за малого числа образцов (2шт).

Рассмотрим размеры отверстий в образцах из стали 12X18Н10Т после хромирования.

Таблица 3.13 Размеры отверстий образцов из стали 12X18Н10Т до и после хромирования

№ образца	4	5	6	7	8	9	10
Ø образца, до хромирования мм	11,0439	11,0387	11,0373	11,0453	11,0420	11,0405	11,0405
Ø образца, после хромирования мм	11,0454	11,0365	11,0360	11,0380	11,0380	11,0440	11,0340

Вакуумно – плазменное хромирование можно охарактеризовать следующим:

1. Визуальный осмотр показал, что образцы имеют достаточно равномерное покрытие по всем внешней и внутренней поверхностям.
2. В процессе напыления образцы разогревались в камере до 450° С, что привело к отжигу, а следовательно, к снятию напряжений и изменению размеров отверстия. Из таблицы 3.13 видно, что напыленные отверстия практически равны либо чуть больше или чуть меньше отверстий до напыления, но при этом визуально видно, по цвету поверхности, что хром имеется на ней. Отсюда вывод, что отжиг привел к увеличению диаметров отверстий и нам теперь будет затруднительно по размерам отверстий определить фактическую толщину напыленного слоя. Для определения толщины напыленного слоя в отверстиях необходимо провести отдельные исследования, в которых выполнить дорнование образцов из стали 12X18Н10Т с тем же натягом и последующий отжиг с температурой 450 градусов, после чего измерить диаметры полученных отверстий. Тогда

косвенным методом можно будет определить толщину напыленного слоя.

3. Необходимо отметить, что на образцах, получивших покрытие методом PVD отсутствует краевой эффект. Слой, полученный образцами, равномерный, о чем свидетельствуют данные табл. 6.6. и табл. 6.7.

В таблице 3.14 приведены данные размеров отверстий из стали 95X18 после двухциклового дорнования и последующей закалки до HRC 56-58. Образцы из этой стали в ходе закалки за счет нагрева и снятия остаточных напряжений, полученных при дорновании, уменьшили размеры отверстий, т.е. повели себя, в отличие от образцов из стали 12X18H10T, противоположным образом. Для окончательного определения причин изменения размеров требуются дополнительные исследования.

Таблица 3.14 Размеры отверстий образцов из стали 95X18 до и после закалки

№ образца	1	2
Ø образца до закалки, мм	11,0388	11,0333
Ø образца после закалки, мм	11,0221	11,0192

Ниже представлены результаты измерения микротвердости образцов из стали 12X18H10T.

Результаты представлены на рисунке 3.1

Из графика видно, что происходит достаточно эффективное поверхностное упрочнение стали 12X18H10T после сверления и дорнования, так глубина упрочненного слоя составляет примерно 0,4мм, а степень упрочнения, рассчитанная по формуле $\frac{HV_{max}-HV_0}{HV_0} \cdot 100\%$ составила 104%.

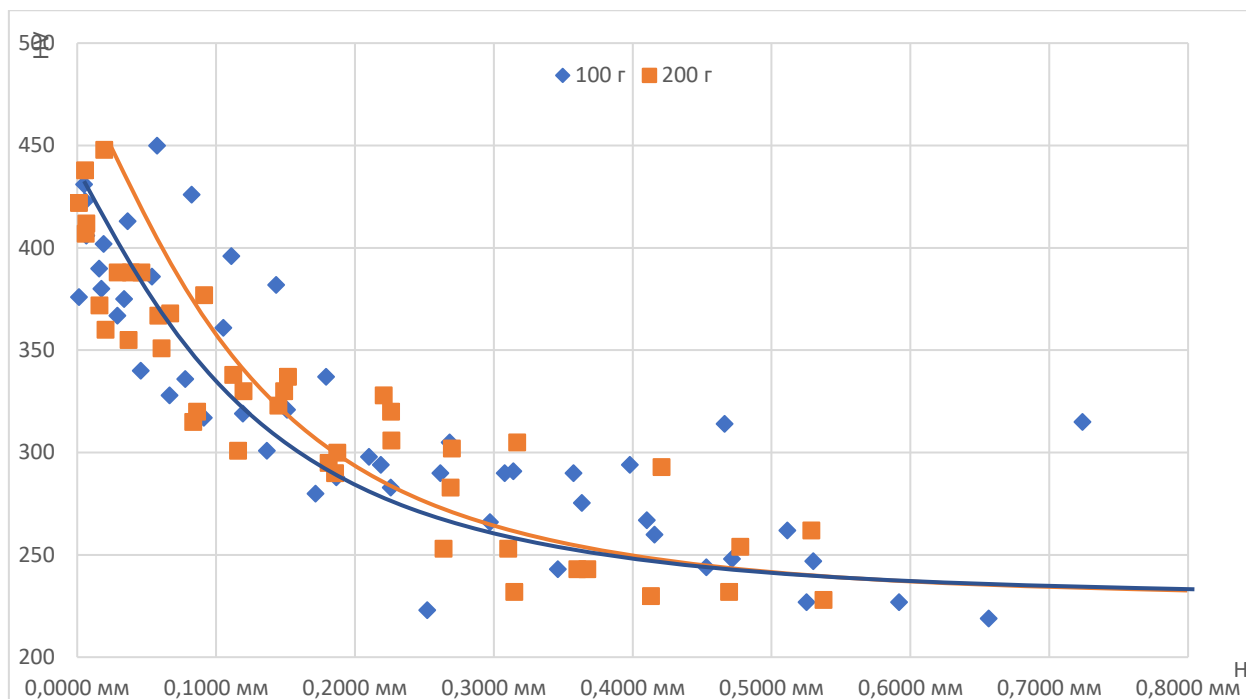


Рисунок 3.1 микротвёрдость образцов из стали 12X18H10T

Шероховатость

После одно- и двухциклового дорнования были выбраны образцы из стали 95X18 сверлёные ружейным сверлом. Образцы длиной 40 мм после одноциклового дорнования и образцы длиной 10 мм после второго цикла дорнования. Результаты измерения представлены в таблице 3.15 – 3.16.

Таблица 3.15 шероховатость образцов после 1 цикла дорнования

Параметр	№ 5	№ 9
R_a	5,363	10,898
R_q	6,976	13,295
R_z	33,488	55,825
R_p	10,637	19,717
R_v	23,553	36,108
R_{ku}	5,253	3,595
R_t	44,250	74,384
R_k	8,300	40,420
R_{pk}	8,458	13,059
R_{vk}	17,870	17,237

Таблица 3.16 шероховатость образцов после 2 цикла дорнования

Параметр	№ 5	№ 11
R_a	1,238	1,399
R_q	1,837	1,836
R_z	9,623	8,671
R_p	3,975	3,258
R_v	6,472	5,412
R_{ku}	14,590	4,187
R_t	15,357	12,116
R_k	2,233	3,585
R_{pk}	2,870	2,580
R_{vk}	5,915	3,530

Где, в пределах базовой длины:

R_a – Среднее арифметическое абсолютной;

R_q – Среднеквадратичное значение;

R_z – Сумма высоты наибольшего пика и наибольшей впадины;

R_p – Высота наибольшего пика;

R_v – Глубина наибольшей впадины;

R_{ku} – Показатель ровности поверхности, при значении больше 3 обозначает резко переменное распределение высот, при значении равном 3 означает нормальное распределение высот, при значении меньше 3 значит равномерное распределение высот;

R_t – Сумма наибольшей высоты пика и наибольшей впадины профиля в пределах длины оценки, а не длины выборки;

R_k – Высота средней шероховатости;

R_{pk} – Уменьшенная высота пика;

R_{vk} – Уменьшенная глубина впадины.

Двухцикловое дорнование снижает высоту неровностей, так параметр R_a после первого цикла составлял 5 мкм, а после второго составил 1,2 мкм, что соответствует данным литературы [9].

Ниже рассмотрим влияние натяга дорнования на точность отверстия, для этого проанализируем зависимость усадки от натяга, данные для построения взяты из приложения [А].

В ходе анализа полученных данных одним из полученных параметров является усадка отверстия.

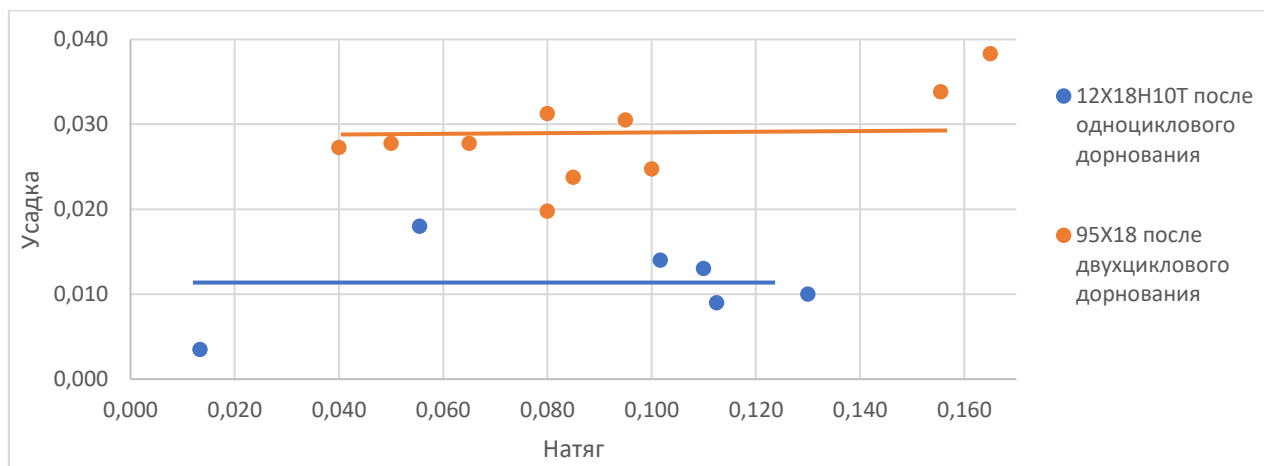


Рисунок 3.2 усадка отверстий

Вывод: из результатов видно, что усадка практически не зависит от натяга, а в основном привязана к характеристикам дорнуемого материала.

Вывод по разделу:

1. Дорнование повышает точность отверстий и снижает высоту неровностей.
2. Дорнование является эффективным методом обработки, благодаря которому можно существенно сократить припуск на непроизводительную операцию притирки.
3. Образцы из стали 95X18 при использовании смазки MoS_2 и масла И20 в пропорции 1:1, могут в отличие от образцов из стали 12X18H10T, быть подвергнуты нескольким циклам обработки дорнованием.
4. Вакуумно - плазменное напыление позволяет наносить равномерное покрытие на поверхность отверстия диаметром 11 мм и глубину 130мм.
5. Поверхностное упрочнение образцов из стали 12X18H10T характеризуется следующими параметрами: глубина упрочненного слоя составила 0,4мм, а степень упрочнения 104%.
6. В результате операции дорнования можно наблюдать резкое улучшение качества поверхности, в частности, таких характеристик как Ra и Rz.

ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
4АМ92	Лаврентьев Константин Александрович

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Отделение Машиностроения
Уровень образования	Магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Тема ВКР:

Исследование технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар	
Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объект исследования: метод получения точных глубоких отверстий. Область применения: машиностроение.
Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:	
1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности: <ul style="list-style-type: none"> – специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства; – организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны. 	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021); ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ; ГОСТ 12.1.003-83; СП 52.13330.2016; СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03; СанПиН 2.2.4.3359-16; ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ; ГН 2.2.5.3532-18.
2. Производственная безопасность: 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	Отклонение показателей микроклимата; Превышение уровня шума; Отсутствие или недостаток естественного света; Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека; Недостаточная освещенность рабочей зоны; Повышенные значения показателей электромагнитных полей; Повышенное значение вредных веществ.
3. Экологическая безопасность:	Утилизация отходов смазочно-охлаждающих жидкостей; Утилизация отходов гальванического производства;

4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:	Излом режущего инструмента и поражение рабочего осколками; Нарушение техники безопасности при работе с вращающимися деталями; Нарушение правил работы с веществами для гальванических операций.
--	---

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	18.11.2019
---	-------------------

Задание выдал консультант:

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Скачкова Л.А.	-		08.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ92	Лаврентьев Константин Александрович		08.02.21

4. Социальная ответственность

Введение

В данном разделе рассматриваются вредные и опасные факторы, которые влияют на человека в процессе исследования технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар. Так же рассматриваются мероприятия по предотвращению и устранению несчастных случаев и способы снижения вредных воздействий на окружающую среду и человека.

В данной работе рассмотрено технологическая лаборатория и находящееся на его территории оборудование (ПК, токарный станок с ЧПУ, установка для испытания напыления).

При проектировании рабочих мест должны быть учтены освещенность, температура, влажность, давление, шум, наличие вредных веществ, электромагнитных полей и другие санитарно-гигиенические требования к организации рабочих мест.

Работа отвечает современным запросам, так как при ее выполнении используются актуальные нормативные документы, предлагаются современные средства по устранению или предотвращению возможных вредных факторов и чрезвычайных ситуаций.

Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности

Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства. Вопросы обеспечения безопасности регламентируются следующими нормативными документами:

1. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N 197-ФЗ (ред. от 09.03.2021);
2. [ГОСТ 12.2.032-78](#) ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования;
3. [ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009](#). Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком;
4. [ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009](#). Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи;
5. [ГОСТ Р ИСО 9355-3-2010](#). Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 3. Механизмы управления;
6. СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы;
7. ГОСТ 12.2.009-99 Станки металлообрабатывающие. Общие требования безопасности;
8. ГОСТ 12.2.033-78 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.

Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны

Данный раздел характеризуется следующими нормативными документами:

9. ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ. Шум. Общие требования безопасности;
10. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны;
11. ГОСТ 12.1.006-84 ССБТ. Электромагнитные поля радиочастот. Общие требования безопасности;
12. ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ. Электробезопасность. Защитное заземление, зануление;
13. ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ. Электробезопасность. Предельно допустимые уровни напряжений прикосновения и токов;
14. ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля;
15. ГОСТ 12.1.019-2017 ССБТ. Электробезопасность. Общие требования и номенклатура видов защиты;
16. Р 2.2.2006–05. Руководство, по гигиенической оценке, факторов рабочей среды и трудового процесса. Критерии и классификация условий труда;
17. СанПиН 2.2.2/2.4.1340–03. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы «Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы»;
18. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений;
19. СанПиН 2.2.4.3359–16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах;
20. СП 60.13330.2016 Отопление, вентиляция и кондиционирование воздуха. Актуализированная редакция СНиП 41-01-2003;

21. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*;
22. Федеральный закон от 22.07.2013 г. №123 – ФЗ, Технический регламент о требованиях пожарной безопасности;
23. ГОСТ 12.1.012-2004 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Вибрационная безопасность. Общие требования.
24. СН 2.2.4/2.1.8.566-96 Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий. Санитарные нормы

Профессиональная социальная безопасность.

Таблица 4.1 - Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные Документы
	Разра- ботка	Изгото- вление	Эксплу- атация	
1. Отклонение показателей микроклимата	-	+	+	ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.
2. Превышение уровня шума	-	+	+	ГОСТ 12.1.003-83 «Шум. Общие требования безопасности.»
3. Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*
4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	СанПиН 2.1.8/2.2.4.1383-03 Гигиенические требования к размещению и эксплуатации передающих радиотехнических объектов.
5. Недостаточная освещенность рабочей зоны	-	+	+	СанПиН 2.2.4.3359-16. Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах.

6. Повышенные значения показателей электромагнитных полей	+	+	+	ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ. Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.
7. Повышенное значение вредных веществ.	+	+	-	Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочей зоны ГН 2.2.5.3532-18.

Анализ опасных и вредных производственных факторов

Микроклимат

Микроклимат в производственных условиях определяется следующими параметрами: 1) относительная влажность воздуха; 2) скорость движения воздуха; 3) температура воздуха; 4) интенсивность теплового излучения.

Источником возникновения факторов является совокупность факторов периода года и процессов жизнедеятельности рабочих.

Параметры регламентируются ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны.

Допустимые значения микроклимата для этого случая даны в таблице.

Таблица – 4.2 требования ГОСТ 12.1.005-88

Период	Категория	Температура, °С	Относительная влажность, %	Скорость движения, м/с
холодный	лёгкая	21-23	40-60	0,1
тёплый	лёгкая	22-24	40-60	0,2

Основными мероприятиями по оптимизации микроклимата и состава воздуха в рабочей зоне бюро является обеспечение надлежащего воздухообмена и отопления, тепловая изоляция нагретых поверхностей оборудования, воздухопроводов и гидротрубопроводов.

Шум

Источником шума может служить вентиляция производственных помещений, в которых производятся исследования, предназначенная для уменьшения запыленности, задымленности и очистки воздуха от вредных выделений производства, а также для сохранности оборудования. Кроме того, источниками шума так же является станочное оборудование в цехах.

Шум имеет вредное воздействие на здоровье людей. Человек, работающий в шумном месте может привыкнуть к нему, но длительное воздействие громкого шума вызывает общую усталость и может привести к ухудшению слуха.

Допустимый уровень шума ограничен ГОСТ 12.1.003-83 и СанПиН 2.2.4/2.1.8.10-32- 2002. Максимальный уровень звука постоянного шума на рабочих местах не должно превышать 80 дБ. В настоящем случае этот параметр соответствовал значению 75 дБ. При значениях выше допустимого уровня необходимо предусмотреть системы коллективной защиты (СКЗ) и системы индивидуальной защиты (СИЗ).

СКЗ: Использование отдельного помещения для ряда шумоёмких работ; использование шумоподавителей и звукоизоляции, или же перенаправление звукового пучка в звукоуловитель. Их основу составляет вата, стекловата, войлок либо джут. Коэффициент поглощения – 70 %;

СИЗ: применение спецодежды и защитных средств органов слуха: наушники, беруши, антифоны.

Освещённость

Недостаток освещённости может быть получен в результате некорректного расположения осветительных приборов и/или некорректным использованием помещения.

Согласно СП 52.13330.2016 при проведении исследований технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар, за персональным компьютером и столом допускается комбинирование освещения, т.е. помимо общеравномерного освещения установка светильников местного освещения. Местное освещение должно располагаться ниже или на уровне линии зрения работника так, чтобы не создавать бликов на поверхности экрана. Освещение должно быть организовано таким образом, чтобы обеспечить оптимальные соотношения яркости рабочих и окружающих поверхностей. Освещённость в зоне документов должна быть в диапазоне 300-500 лк, при работе исключительно с экраном 200 лк. Искусственное освещение располагается так, чтобы обеспечить хорошую видимость как за рабочим столом оператора персонального компьютера. Блёткость уменьшается за счет правильно подобранных осветительных устройств и расположения рабочих мест по отношению к источникам искусственного и естественного освещения. Потолок так же является отражательной поверхностью, поэтому его яркость не должна превышать 200 кд/м². Источником света при искусственном освещении являются люминесцентные лампы типа ЛБ нейтрально-белого или "теплого" белого цвета с индексом цветопередачи не менее 70.

Размеры рабочего цеха составляют 20x40x8,5м. Также на станках предусмотрены лампы освещения. Помещение с малым запылением, коэффициент запаса 1,5.

Для помещения выбрана система общего освещения с люминесцентными светильниками ОД. В светильнике установлено 2 лампы

мощностью 30 Вт каждая. Габаритные размеры светильника составляют 933x204x156мм.

При размещении светильников учитывались следующие параметры. Высота закрепления светильников (Н), которая составляет 3,5м. Расстояние светильников от перекрытия(свес), h_c , принимается 5м:

$$h_n = H - h_c = 8,5\text{м} - 5 = 3,5\text{м}.$$

Высота рабочей поверхности над полом, h_{rp} , принимается 1200 мм. Расчётная высота, высота светильника над рабочей поверхностью:

$$h = h_n - h_{rp} = 3,5\text{м} - 1,2\text{м} = 2,3\text{м}.$$

L–расстояние между соседними светильниками или рядами (если по длине (А) и ширине (В) помещения расстояния различны, то они обозначаются L_A и L_B). l–расстояние от крайних светильников или рядов до стены составляет $L/3$.

Расстояние между светильниками определяется по формуле:

$$L = \lambda \cdot h$$

Где λ - интегральный критерий расположения светильников, который равен 1,4 для светильников типа ОД. То есть:

$$L = 1,4 \cdot 2,3 = 3,2\text{м}.$$

Количество рядов:

$$n_{\text{ряд}} = \frac{B - \frac{2}{3}L}{L} + 1 = \frac{40 - \frac{2}{3} \cdot 3,2}{3,2} + 1 \approx 12.$$

Количество светильников:

$$n_{\text{св}} = \frac{A - \frac{2}{3}L}{l_{\text{св}} + 0,5} = \frac{20 - \frac{2}{3} \cdot 2,94}{0,933 + 0,5} \approx 13.$$

Общее количество светильников:

$$n_{\text{ряд}} \cdot n_{\text{св}} = 12 \cdot 13 = 156.$$

Светильники размещают в 14 рядов. В каждом ряду следует установить 13 светильников типа ОД мощность 30Вт и длиной 933 мм. Расстояние между светильниками 500мм. На рис 3.1 изображен план помещения с размещением

светильников. Так как в светильнике 2 лампы, то общее число ламп составляет 312.

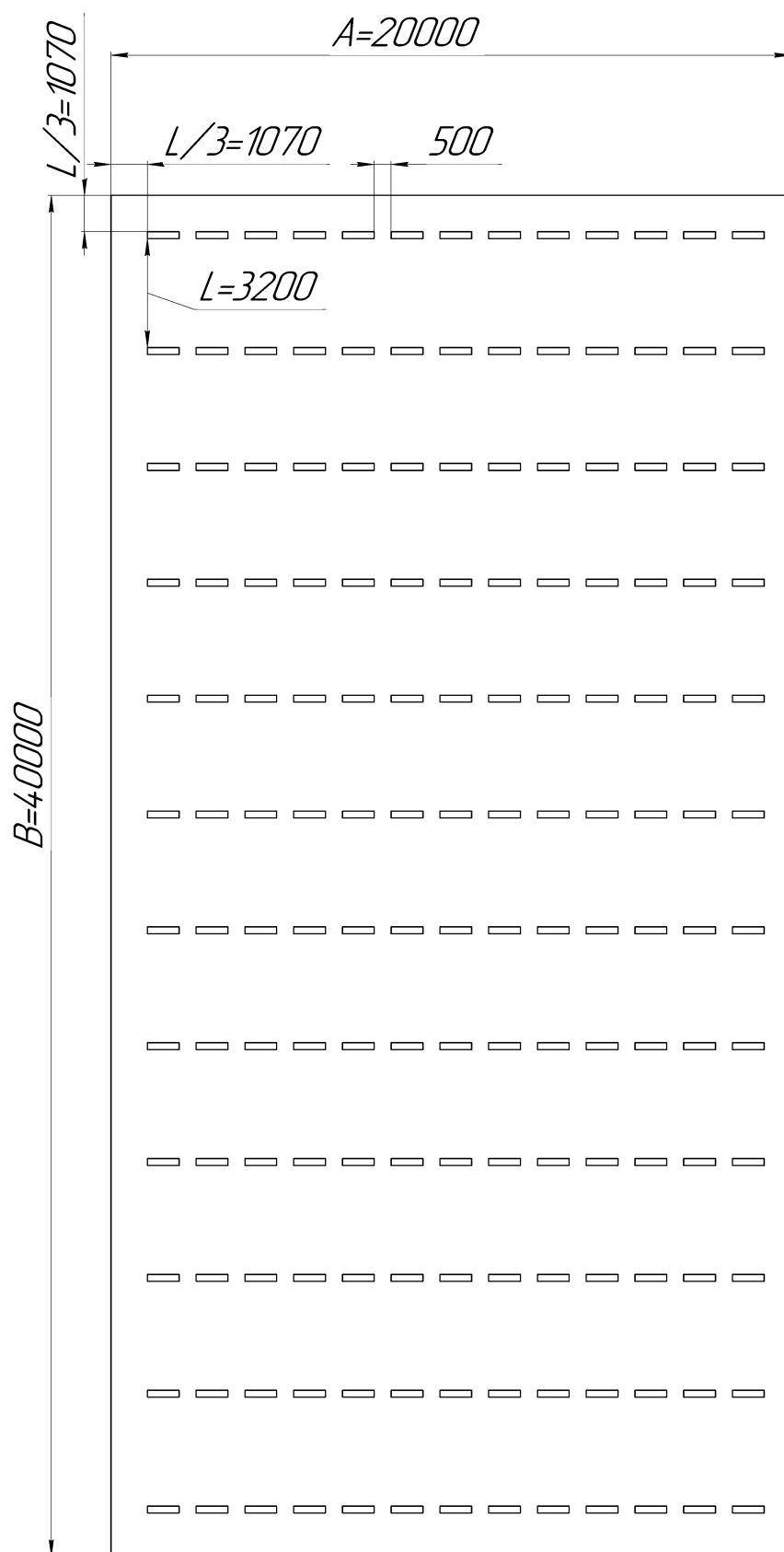


Рисунок 4.1 план помещения

Индекс помещения:

$$i = \frac{S}{h(A + B)} = \frac{800}{2,3 \cdot (20 + 40)} = 5,8.$$

Коэффициент использования светового потока:

$$\eta = 0,7.$$

Потребный световой поток:

$$\Phi = \frac{E_n \cdot S \cdot K_s \cdot Z}{N_l \cdot \eta} = \frac{300 \cdot 800 \cdot 1,5 \cdot 1,1}{156 \cdot 0,61} = 3626.$$

Выбираем лампу ЛД 65 Вт 3750 лм.

Проверка выполнения условия освещенности:

$$\begin{aligned} -10\% &\leq \frac{\Phi_{\text{л.стд}} - \Phi_{\text{л.расч}}}{\Phi_{\text{л.стд}}} \leq +20\%; \\ -10\% &\leq \frac{3750 - 3626}{3750} \leq +20\%; \\ -10\% &\leq 3,3\% \leq +20\%. \end{aligned}$$

Общая мощность освещения:

$$P = 156 \cdot 65 = 10140 \text{ Вт.}$$

Для защиты от слепящей яркости видимого излучения применяют защитные очки, щитки, шлемы. Очки не должны ограничивать поле зрения, должны быть легкими, не раздражать кожу, хорошо прилегать к лицу и не покрываться влагой.

Электромагнитные поля

Источником электромагнитных полей являются источники тока, которые используются при эксплуатации стенда, скрутки проводов, электроприборы. Любое направленное движение электронов.

Электромагнитные поля оказывают специфическое воздействие на ткани человека, развиваются нарушения со стороны нервной, сердечно-сосудистой систем, органов дыхания, органов пищеварения и некоторых биохимических показателей крови. Источниками электромагнитных излучений являются компьютеры, электромагнитные двигатели, трансформаторы, сетевое оборудование, источники индукционного тока.

Согласно СанПиН 2.2.4/2.1.8.055-96 Электромагнитные излучения радиочастотного диапазона (ЭМИ РЧ). Энергетическая экспозиция за рабочий день (рабочую смену) не должна превышать указанных значений.

СКЗ: защита расстоянием; • снижение интенсивности излучения непосредственно в самом источнике излучения; • экранирование источника; • защита рабочего места от излучения;

СИЗ: средства защиты от статического электричества и электрических полей промышленной частоты относят спецодежду, заземляющие браслеты, заземляющие устройства, устройства для увлажнения воздуха, антиэлектростатические покрытия и пропитки, нейтрализаторы статического электричества.

Вредные вещества

Согласно гигиеническим нормативам "Предельно допустимые концентрации (ПДК) вредных веществ в воздухе рабочего пространства регулируются ГН 2.2.5.1313-03". Среди химических веществ, выделяющихся при работе оргтехники, наибольший вред приносят краски копиров и принтеров. Во время печати и/или копирования, конструкторской

документации стенда, выделяются органические вещества. Наиболее опасным веществом является озон.

Небольшое содержание этого газа в воздухе оказывает благоприятный эффект на организм человека, однако при постоянной работе копиров и принтером концентрация превышает допустимую, в локальном масштабе. Длительное воздействие больших доз озона способствует преждевременному старению.

Согласно нормам, утвержденным Главным государственным санитарным врачом Российской Федерации 27 апреля 2003 г, озон относится к 1-му классу опасности, величина ПДК = $0,1 \text{ мг/м}^3$, а преимущественное агрегатное состояние в воздухе в условиях производства – пар и/или газ.

СКЗ – вентиляция.

СИЗ – респиратор.

Обоснование мероприятий по снижению уровней воздействия опасных и вредных факторов на исследователя (работающего)

Для снижения уровня опасных воздействий на инженера, исследующего методы, таких как: превышение уровня шума, ПДК вредных веществ, недостаточная или излишняя освещенность на рабочем месте, превышение значений электромагнитных полей, необходимо в обязательном порядке провести инструктаж рабочего о основных методах и средствах защиты от вредных факторов, обеспечить его, рабочего, всем необходимым в достаточной мере, иметь на складе запас СИЗ. Оборудовать помещения СКЗ и разнести наиболее вредоносные факторы от спокойных рабочих зон. Использовать кондиционеры со сменными фильтрами для обеспечения параметром микроклимата. На каждом рабочем месте оборудовать индивидуальное средство освещения согласно нормам, а окна оборудовать плотными светонепропускающими шторами с возможностью регулировки пропускаемого света. Оборудовать здание поэтажно регулирующими и корректирующими распределительными коробками, для своевременного отключения электроснабжения в случае ЧС. Каждую ЭВМ оборудовать источником бесперебойного питания, для предотвращения износа управляющих контуров и снижения вероятности КЗ в используемом оборудовании. Обеспечить необходимый и достаточный уровень проветривания помещения, выражающийся в объеме поступающего свежего воздуха и убытия использованного, соблюдать режим работы для предотвращения накопления вредных веществ в нерабочий период. Проводить тщательную влажную уборку для предотвращения оседания вредных веществ на рабочих поверхностях. Дважды квартал проводится ревизионная проверка. Все действия проводятся согласно норм, ГОСТов и СанПиНов в регулируемых областях.

Экологическая безопасность

При проведении исследований технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар используются металлы, преимущественно легированная сталь, покрытая хромом. При покрытии деталей хромом методом PVD осаждения используется нейтральный газ, азот, большие выбросы азота в атмосферу образуют оксиды азота являющиеся основным фактором образования фотохимического смога соединяясь с парами воды в атмосфере, они образуют азотную кислоту, и, вместе с оксидами серы, являются причиной образования кислотных дождей. Повышенные концентрации оксидов азота оказывают вредное воздействие на здоровье человека. Итогом являются токсичные вещества, которые влияют как на здоровье человека, так и на окружающую среду, от гидросферы до литосферы, путём осаждения и испарения. Регулируются СанПиН 1.2.3685-21. «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания». По истечении сроков эксплуатации детали должны быть утилизированы согласно ГОСТ 30773- 2001 «Ресурсосбережение. Обращение с отходами. Этапы технологического цикла. Основные положения». Утилизация согласно ГОСТ Р 54564-2011 «Лом и отходы цветных металлов и сплавов. Общие технические условия».

Безопасность в чрезвычайных ситуациях

Чрезвычайными ситуациями на производственном предприятии, могут быть пожары. Основы пожарной безопасности определены по ГОСТ 12.1.004-91 и ГОСТ 12.1.010-76.

При выполнении работы большая часть времени проводилась на территории ООО «Промышленная Механика». В цеху проводились исследования технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар, относится к категории В. Причинами пожара могут быть: токи короткого

замыкания, электрические перегрузки, выделение тепла, искрение в местах плохих контактов при соединении проводов, курение в неположенных местах.

Возгорание, вызванное коротким замыканием в электрической сети.

Согласно ФЗ №68 «о защите населения и территории от чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера» и №123-ФЗ (ред. от 27.12.2018) "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности", предприятия должны действовать в соответствии с разработанными мероприятиями по защите работников от ЧС. Эвакуация производится согласно плану эвакуации, представленному на рисунке 3.2.

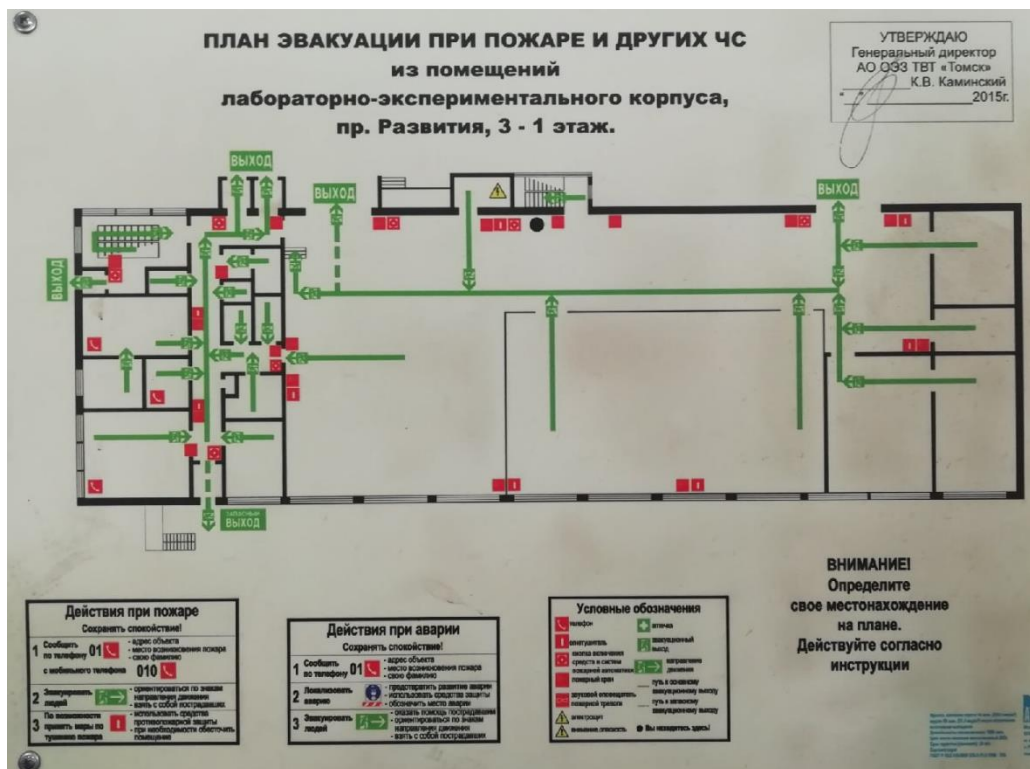


Рисунок 4.2 план эвакуации

Вывод:

Анализ факторов, требований рекомендаций и результатов установленных и запланированных мероприятий, в данной работе может быть использован в реальных условиях исследования технологических возможностей. Проект отвечает всем требованиям и нормам безопасности, что означает его готовность к передаче потребителю.

**ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА
«ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСООБЪЕКТИВНОСТЬ
И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»**

Студенту:

Группа	ФИО		
4АМ92	Лаврентьев Константин Александрович		
Школа	ИШНПТ	Отделение Школа	Отделение материаловедения
Уровень образования	магистратура	Направление/специальность	15.04.01 Машиностроение

Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»:

1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	Стоимость материальных ресурсов и специального оборудования определены в соответствии с рыночными ценами г. Томска. Тарифные ставки исполнителей определены штатным расписанием НИ ТПУ
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	Норма амортизационных отчислений на специальное оборудование
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Отчисления во внебюджетные фонды 30 %

Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:

1. Анализ конкурентных технических решений (НИ)	Расчет конкурентоспособности SWOT-анализ
2. Формирование плана и графика разработки и внедрения (НИ)	Структура работ. Определение трудоемкости. Разработка графика проведения исследования
3. Составление бюджета инженерного проекта (НИ)	Расчет бюджетной стоимости НИ
4. Оценка ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности (НИ)	Интегральный финансовый показатель. Интегральный показатель ресурсоэффективности. Интегральный показатель эффективности.

Перечень графического материала

1. Оценка конкурентоспособности ИП
2. Матрица SWOT
3. Диаграмма Ганта
4. Бюджет НИ
5. Основные показатели эффективности НИ

Дата выдачи задания для раздела по линейному графику	01.02.2021
--	------------

Задание выдал консультант :

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Кащук Ирина Вадимовна	К.Т.Н доцент		08.02.21

Задание принял к исполнению студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4АМ92	Лаврентьев Константин Александрович		08.02.21

5. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение

Введение

Основная цель данного раздела – оценить перспективность развития и планировать финансовую и коммерческую ценность конечного продукта, представленного в рамках исследовательской работы. Коммерческая ценность определяется не только наличием более высоких технических характеристик над конкурентными разработками, но и тем, насколько быстро разработчик сможет ответить на следующие вопросы – будет ли продукт востребован на рынке, какова будет его цена, каков бюджет научного исследования, какое время будет необходимо для продвижения разработанного продукта на рынок.

Данный раздел, предусматривает рассмотрение следующих задач:

- Оценка коммерческого потенциала разработки.
- Планирование научно-исследовательской работы;
- Расчет бюджета научно-исследовательской работы;
- Определение ресурсной, финансовой, бюджетной эффективности исследования.

Цель НИР – Исследование технических методов получения точных глубоких отверстий для их последующего применения в обработке цилиндров плунжерных пар.

5.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

5.1.1 Предпроектный анализ

Известно, что большая часть деталей машин и механизмов имеют отверстия. Дело так же усложняется глубиной отверстия. Обработка глубоких отверстий малого диаметра в деталях различных машин является сложной и трудоёмкой операцией из-за технологических недостатков существующих методов. Полученные разными методами отверстия будут в дальнейшем обработаны с целью повышения точности, уменьшения шероховатости.

Потенциальные потребители

Для анализа потребителей необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, которое в дальнейшем поможет найти области, где продвижение нового продукта будет наименее трудоемким. Целевым рынком являются российские фармакологические и химические компании, которые занимаются изготовлением различных препаратов и реагентов. Исследование будет интересно компаниям занимающимся изготовлением препаратов с особо точным объемом вещества, находящегося в грануле. Для сравнения эффективности результатов исследования, необходимо провести сравнение технологических процессов, представленных для изделий, представленных на рынке, но эти данные являются коммерческой тайной, потому для сравнения эффективности результатов исследования, необходимо провести сравнение насоса-дозатора плунжерного типа компании “Ареопаг” и компании “Etatron», как компаний представителей.

Таблица 5.1 – карта сегментирования рынка

		Вид оборудования		
		Полученный результат	Техпроцесс 1	Техпроцесс 2
Вид компании	Крупная	+	+	+
	Средняя	+	+	-
	Мелкая	+	-	-

По карте видно, что разработанная методика является актуальной и хорошо покажет себя в реалиях российского рынка данных услуг. Разработанный процесс представляет наибольший интерес для любых компаний, производящих точные глубокие отверстия.

5.1.2 Анализ конкурентных технических решений

На рынке аналогом метода являются разработки с применением стандартных методов получения глубокого отверстия, включающего в себя полную цепочку задействованного инструмента. Разница между конкурентами сводится к разнице в количестве оснастки и оборудования требуемого для производства отверстия в плунжере насоса-дозатора. Анализ конкурентов проводится с устройствами, исполнительный орган которых выполнен в виде плунжерной пары.

Таблица 5.1.2 – Сравнение конкурентных технических решений (разработок)

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
Технические критерии оценки ресурсоэффективности							
1. Скорость производства	0,06	4	2	3	0,24	0,12	0,18
2. Энергоэффективность	0,05	3	4	4	0,15	0,2	0,2
3. Универсальность конструкции	0,10	5	6	9	0,5	0,36	0,54
4. Простота контроля размеров	0,10	5	3	4	0,5	0,15	0,2
5. Потребность в специальных материалах	0,01	5	2	3	0,05	0,12	0,18
6. Такт выпуска изделия	0,10	4	3	3	0,4	0,15	0,15
7. Сложность исполнения	0,01	4	4	3	0,04	0,24	0,18

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы			Конкурентоспособность		
		Б _ф	Б _{к1}	Б _{к2}	К _ф	К _{к1}	К _{к2}
1	2	3	4	5	6	7	8
8. Трудоёмкость	0,04	3	5	4	0,12	0,25	0,2
9. Материалоёмкость	0,10	5	5	5	0,5	0,3	0,3
10. Безопасность	0,01	4	4	4	0,04	0,2	0,2
11. Экологичность	0,02	3	3	4	0,06	0,18	0,24
12. Технологичность	0,08	5	2	3	0,4	0,1	0,15
Экономические критерии оценки эффективности							
13. Конкурентоспособность продукта	0,03	5	3	4	0,15	0,09	0,12
14. Ликвидность	0,03	3	3	4	0,09	0,09	0,12
15. Перспективность рынка	0,06	3	2	2	0,18	0,06	0,06
16. Цена	0,09	3	3	3	0,21	0,09	0,09
17. Послепродажное обслуживание	0,10	3	4	3	0,3	0,12	0,09
18. Финансовая эффективность	0,01	3	5	4	0,03	0,15	0,12
19. Срок выхода на рынок	0,02	5	4	3	0,1	0,12	0,09
Итого	1	75	67	72	4,06	3,09	3,41

Расчет конкурентоспособности, на примере стабильности срабатывания, определяется по формуле:

$$K = \sum B_i * B_i$$

где K – конкурентоспособность проекта; B_i – вес показателя (в долях единицы); B_i – балл показателя.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

Проведенный анализ конкурентных технических решений показал, что исследование является наиболее актуальным и перспективным, имеет конкурентоспособность.

5.1.3 SWOT-анализ

Для исследования внешней и внутренней среды проекта, в этой работе проведен SWOT-анализ с детальной оценкой сильных и слабых сторон исследовательского проекта, а также его возможностей и угроз.

Первый этап, составляется матрица SWOT, в которую описаны слабые и сильные стороны проекта и выявленные возможности, и угрозы для реализации проекта, которые проявились или могут появиться в его внешней среде, приведены в таблице 5.1.3.1.

Таблица 5.1.3.1

	Сильные стороны: С1. Новизна идеи научного исследования С2. Использование эффективных методов сборки; С3. Низкое влияние человеческого фактора; С4. Требуется малая номенклатура материалов.	Слабые стороны: С1. Потребность в высокоточной обработке; С2. Наличие нагрева в процессе работы; С3. Тонкое оборудование; С4. Необходимость изготовления ряда измененных стандартных изделий.
Возможности: В1. Сборка на любом предприятии; В2. Поддержка государством; В3. Новые сотрудничества; В4. Возможность усовершенствования.		
Угрозы: У1. Разработка более совершенной конструкции; У2. Изменение конструкции или требований; У3. Ограничения от государства; У4. Перенасыщение рынка; У5. Отсутствие спроса.		

Вторым этапом составляется матрица возможного взаимодействия возможностей (В), сильных сторон (С), слабых сторон (Сл) и угроз.

Таблица 5.1.3.2

Сильные стороны проекта					
Возможности проекта		С1	С2	С3	С4
	В1	+	+	+	0
	В2	+	+	-	+
	В3	+	0	-	-
	В4	+	-	0	+

Таблица 5.1.3.3

Слабые стороны проекта					
Возможности проекта		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	В1	0	+	+	-
	В2	0	0	0	0
	В3	+	0	-	0
	В4	-	-	-	+

Таблица 5.1.3.4

Сильные стороны проекта					
Угрозы		С1	С2	С3	С4
	У1	+	0	+	+
	У2	+	0	+	+
	У3	-	-	0	0
	У4	0	0	0	0
	У5	0	0	0	0

Таблица 4.1.2.5

Слабые стороны проекта					
Угрозы		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4
	У1	+	+	+	+
	У2	+	-	+	+
	У3	-	-	+	+
	У4	0	0	-	-
	У5	0	0	-	-

Третий этап SWOT-анализа реализуется заполнением матрицы.

Таблица 5.1.3.6

	Сильные стороны: С1. Новизна идеи научного исследования С2. Использование эффективных методов сборки; С3. Низкое влияние человеческого фактора; С4. Требуется малая номенклатура материалов.	Слабые стороны: С1. Потребность в высокоточной обработке; С2. Наличие нагрева в процессе работы; С3. Тонкое оборудование; С4. Необходимость изготовления ряда измененных стандартных изделий.
Возможности: В1. Сборка на любом предприятии; В2. Поддержка государством; В3. Новые сотрудничества; В4. Возможность усовершенствования.	В1С1С2С3 – быстрое продвижение на рынок в связи с преимуществами метода; В2С1С2С4 – в свете последних событий государственные дотации; В3С1 – дополнительный спрос за счет эффективности метода; В4С1С4. – высокая возможность дальнейших исследований.	В1Сл2Сл3 – малая вероятность расширения производства; В3Сл1 – нехватка специалистов и производственных мощностей; В4С4 – долгий процесс проверки идей.
Угрозы: У1. Разработка более совершенной конструкции; У2. Изменение требований; У3. Ограничения от государства; У4. Перенасыщение рынка; У5. Отсутствие спроса.	У1С1С3С4 – устойчив к выходу на рынок параллельно с более совершенным продуктом; У2С1С3С4 – устойчив к изменению потребностей целевой аудитории.	У1Сл1Сл2Сл3Сл4 – инертность рынка по отношению к более современному оборудованию с малой исследованностью; У3Сл3Сл4 – Запрет на экспорт.

В результате SWOT-анализа показано, что на преимущества разрабатываемого метода получения глубоких точных отверстий преобладают над его недостатками. Данные недостатки, которые на данный момент на практике не устранены, но в теории уже есть возможности для их устранения. Результаты анализа учтены в дальнейшей научно-исследовательской разработке.

5.2 Планирование научно-исследовательских работ

5.2.1 Структура работ в рамках научного исследования

Планирование комплекса научно-исследовательских работ осуществляется в порядке:

- определение структуры работ в рамках научного исследования;
- определение количества исполнителей для каждой из работ;
- установление продолжительности работ;
- построение графика проведения научных исследований.

Для оптимизации работ удобно использовать классический метод линейного планирования и управления.

Результатом такого планирования является составление линейного графика выполнения всех работ. Порядок этапов работ и распределение исполнителей для данной научно-исследовательской работы, приведен в таблице 5.2.1.1.

Таблица 5.2.1.1 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Содержание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Постановка целей и задач, которые необходимы для достижения цели	Руководитель
Выбор направления исследования	2	Составление и утверждение технического задания	Руководитель
	3	Выбор способов обработки	Руководитель, Инженер
Теоретические и экспериментальные исследования Разработка технологической документации	4	Проведение литературного обзора	Инженер
	5	Выбор оборудования	Инженер
	6	Изготовление экспериментальных образцов	Инженер
	7	Проведение испытаний	Инженер
	8	Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Инженер
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка качества исполнения исследования	Руководитель, Инженер

5.2.2 Определение трудоемкости выполнения работ и разработка графика проведения

При проведении научных исследований основную часть стоимости разработки составляют трудовые затраты, поэтому определение трудоемкости проводимых работ является важным этапом составления бюджета.

Для определения ожидаемого (среднего) значения трудоемкости использована следующая формула:

$$t_{\text{ож}i} = \frac{3t_{\text{mini}} + 2t_{\text{max}i}}{5}, \quad (4.1)$$

где $t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения i -ой работы, человеко-дни;

t_{mini} — минимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни;

$t_{\text{max}i}$ — максимально возможная трудоемкость выполнения заданной i -ой работы, человеко-дни.

Зная величину ожидаемой трудоемкости, можно определить продолжительность каждой i -ой работы в рабочих днях T_{pi} , при этом учитывается параллельность выполнения работ разными исполнителями. Данный расчёт позволяет определить величину заработной платы.

$$T_{pi} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (4.2)$$

где T_{pi} — продолжительность одной работы, рабочие дни;

$t_{\text{ож}i}$ — ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, человеко-дни;

$Ч_i$ — численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Для перевода длительности каждого этапа из рабочих в календарные дни, необходимо воспользоваться формулой (4.3):

$$T_{ki. \text{кал}} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (4.3)$$

где T_{ki} — продолжительность выполнения i -й работы в календарных днях;

T_{pi} – продолжительность выполнения i -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$ – календарный коэффициент.

Календарный коэффициент определяется по формуле:

$$k_{кал.инж} = \frac{T_{кал}}{T_{кал} - T_{вых} - T_{пр}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,48 \quad (4.4)$$

где $T_{кал}$ – общее количество календарных дней в году; $T_{вых}$ – общее количество выходных дней в году; $T_{пр}$ – общее количество праздничных дней в году.

Расчеты временных показателей проведения научного исследования обобщены в таблице 5.9.

Таблица 5.9 – Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоёмкость работ						Длительность работ в рабочих днях (ср.) T_{pi}	Длительность работ в календарных днях T_{ki}
	t_{min} , чел-дни	t_{max} , чел-дни			$t_{ожі}$, чел-дни			
	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2	Исп.1	Исп.2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Постановка целей и задач, которые необходимы для достижения цели	5	0	15	0	9	0	9	13
2. Составление и утверждение технического задания	1	1	4	4	2,2	2	2,2	3
3. Выбор способов обработки	1	3	5	13	0	7	7	10
4. Проведение литературного обзора	1	12	5	15	0	13	13,2	20
5. Выбор оборудования	3	2	5	4	3,8	3	3,3	5

6. Изготовление экспериментальных образцов	1	1	1	30	1	13	13,6	20
7. Проведение испытаний	1	1	10	60	4,6	25	14,6	22
8. Оформление пояснительной записки по результатам исследования		15		15	0	15	7,5	11
9. Оценка качества исполнения исследования	7	7	15	15	10	10	10,2	15
Итого:	20	42	60	156	31	88	80,6	119



Примечание: Исп. 1 – научный руководитель, Исп. 2 – инженер.

На основе таблицы составлен календарный план-график выполнения проекта с использованием диаграммы Ганта (таблица 5.10).

Таблица 5.10 – Диаграмма Ганта

№	Вид работ	Исп	T_{ki} кал. дн.	Продолжительность работ											
				февр			март			апр			май		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	1. Постановка целей и задач, которые необходимы для достижения цели	Исп1	13												
2	2. Составление и утверждение технического задания	Исп1 Исп2	3												
3	3. Выбор способов обработки	Исп2	10												
4	4. Проведение литературного обзора	Исп2	20												
5	5. Выбор оборудования	Исп1 Исп2	5												
6	6. Изготовление экспериментальных образцов	Исп2	20												
7	7. Проведение испытаний	Исп1 Исп2	22												
8	8. Оформление пояснительной записки по результатам исследования	Исп2	11												
9	9. Оценка качества исполнения исследования	Исп1 Исп2	15												

Примечание:

 – Исп. 1 (научный руководитель),  – Исп. 2 (инженер)

5.3 Бюджет научно-технического исследования

При планировании бюджета научно-технического исследования учитывались все виды расходов, связанных с его выполнением. В этой работе использовать следующую группировку затрат по следующим статьям:

- материальные затраты научно-исследовательской работы (НИР);
- затраты на специальное оборудование для экспериментальных работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы НИР.

5.3.1 Расчет материальных затрат научно-технического исследования

Материальные затраты — это затраты организации на приобретение сырья и материалов для создания готовой продукции.

Данная часть включает затрат всех материалов, используемых при исследовании методов получения глубоких точных отверстий. Результаты расчета затрат представлены в таблице 5.11.

Таблица 5.11 – Затраты на получение образца

Наименование статей	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Итого затраты, руб.
Круг 12X18H10T	кг	1	332	332
Круг 95X18H10T	кг	1	352	352
Круг ЛС59-1	кг	1	560	560
Сверло СЦ 0397 А	шт	5	410	2050
Режущие пластинки	шт	6	500	3000
MoS	кг	0,1	11000	1100
ECOCOOL SOLUBLF 20л	л	1	6500	325

Масло трансформаторное ВГ	л	216,5	28500	131.64
PVD напыление	шт	10	3000	30000
Итого:				37719

4.3.2 Расчет амортизации специального оборудования

Расчет сводится к определению амортизационных отчислений, так как оборудование было приобретено до начала выполнения данной работы и эксплуатировалось ранее, поэтому при расчете затрат на оборудовании учитываем только рабочие дни по данной теме.

Расчет амортизации проводится следующим образом:

Норма амортизации: рассчитывается по формуле:

$$H_A = \frac{1}{n}, \quad (4.5)$$

где n – срок полезного использования в количестве лет.

Амортизация оборудования рассчитывается по формуле:

$$A = \frac{H_A \cdot I}{12} \cdot m, \quad (4.6)$$

где I – итоговая сумма, тыс. руб.; m – время использования, мес.

Таблица 5.12 – Затраты на оборудование

№ п/п	Наименование оборудования	Кол-во ед.	Срок полезного использования, лет	Время использования, мес.	H_A , %	Цена оборудования, руб.	Амортизация
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Ленточнопильный станок Jet MBS-1013CSD	1	1	1	100	520000	43333,3
2	Комплект дорнов	1	2	1	50	30000	1250
3	Токарный станок УТ16ПМ	1	34	2	3	150000	750
4	2Н135 станок вертикально-сверлильный универсальный одношпиндельный	1	50	0,1	2	450000	75

5	Муфельная печь малая КЭП18/1100	1	8	0,2	12,5	70000	145,83
Итого:		45554,13 руб.					

5.3.3 Основная заработная плата исполнителей темы

В данном разделе рассчитывается заработная плата инженера и руководителя, помимо этого, необходимо рассчитать расходы по заработной плате, определяемые трудоемкостью проекта и действующей системой оклада.

Основная заработная плата $З_{осн}$ одного работника рассчитывается по следующей формуле:

$$З_{осн} = З_{дн} \cdot T_p, \quad (4.7)$$

где $З_{дн}$ – среднедневная заработная плата, руб.; T_p – продолжительность работ, выполняемых работником, раб.дн. (таблица 4.9).

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

Для шестидневной рабочей недели (рабочая неделя руководителя):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{51285 \cdot 10,3}{246} = 2147,3 \text{ руб.}, \quad (4.8)$$

где $З_m$ – месячный должностной оклад работника, руб.; F_o – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дней; M – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

– при отпуске в 28 раб. дня – $M = 11,2$ месяца, 5-дневная рабочая неделя;

– при отпуске в 56 раб. дней – $M = 10,3$ месяца, 6-дневная рабочая неделя.

Для пятидневной рабочей недели (рабочая неделя инженера):

$$З_{дн} = \frac{З_m \cdot M}{F_o} = \frac{33150 \cdot 11,2}{213} = 1743,1 \text{ руб.}. \quad (4.9)$$

Должностной оклад работника за месяц:

– для руководителя:

$$З_m = З_{мс} \cdot (1 + k_{np} + k_o) k_p = 26300 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 51285 \text{ руб.} \quad (4.10)$$

– для инженера:

$$З_{\text{м}} = З_{\text{мс}} \cdot (1 + k_{\text{пр}} + k_{\text{д}}) k_{\text{р}} = 17000 \cdot (1 + 0,3 + 0,2) \cdot 1,3 = 33150 \text{ руб.}, \quad (4.11)$$

где $З_{\text{мс}}$ – заработная плата, согласно тарифной ставке, руб.; $k_{\text{пр}}$ – премиальный коэффициент, равен 0,3; $k_{\text{д}}$ – коэффициент доплат и надбавок, равен 0,2; $k_{\text{р}}$ – районный коэффициент, равен 1,3 (для г. Томска).

Таблица 5.13 – Баланс рабочего времени исполнителей

Показатели рабочего времени	Руководитель	Инженер
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней	52/14	104/14
- выходные дни		
- праздничные дни		
Потери рабочего времени	48/5	24/10
- отпуск		
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	246	213

Таблица 5.14 – Расчет основной заработной платы исполнителей

Исполнители НИ	$З_{\text{мс}}, \text{руб.}$	$k_{\text{пр}}$	$k_{\text{д}}$	$k_{\text{р}}$	$З_{\text{м}}, \text{руб.}$	$З_{\text{дн}}, \text{руб.}$	$T_{\text{р}}, \text{раб.дн.}$	$З_{\text{осн}}, \text{руб.}$
Руководитель	26300	0,3	0,2	1,3	51285	2147,3	31	66566,3
Инженер	17000	0,3	0,2	1,3	33150	1743,1	88	155392,8
Итого:								219959,1

5.3.4 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Дополнительная заработная плата определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 66566,3 = 9984,95 \text{ руб.} \quad (4.12)$$

– для инженера:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} = 0,15 \cdot 160365,2 = 23008,92 \text{ руб.}, \quad (4.13)$$

где $k_{\text{доп}}$ – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимаем равным 0,15).

5.3.5 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Отчисления во внебюджетные фонды определяется по формуле:

– для руководителя:

$$З_{внеб} = k_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (66566,3 + 9984,95) = 22965,37 \text{ руб} \quad (4.14)$$

– для инженера:

$$З_{внеб} = k_{внеб}(З_{осн} + З_{доп}) = 0,3 \cdot (155932,8 + 2300,92) = 52920,52 \text{ руб} \quad (4.15)$$

где $k_{внеб}$ – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд ОМС и социальное страхование). Общая ставка взносов составляет в 2021 году – 30% (ст. 425, 426 НК РФ).

5.3.6 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д.

Величина накладных расходов определяется по формуле

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1 \div 5) \cdot k_{нр}, \quad (4.16)$$

где $k_{нр}$ – коэффициент, учитывающий накладные расходы. Величина коэффициента принимается равной 0,16.

5.3.7 Бюджетная стоимость НИР

Таблица 5.15 – Группировка затрат по статьям

Статьи							
1	2	3	4	5	6	7	8
Амортизация	Сырье, материалы	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата	Отчисления на социальные	Итого без накладных расходов	Накладные расходы	Стоимость бюджета

				ые нужды			
45554,13	37719	219959,1	32993,87	65987,7	402213,8	64354,2 1	466586

5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Для определения эффективности исследования рассчитан интегральный показатель эффективности научного исследования путем определения интегральных показателей финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

5.4.1 Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в процессе оценки бюджета затрат научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принят за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

В качестве аналогов данной НИР рассмотрены:

1) Использование стандартного метода получения глубоких отверстий;

Интегральный финансовый показатель разработки рассчитывается как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (4.17)$$

где $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$ – интегральный финансовый показатель разработки;

Φ_{pi} – стоимость i-го варианта исполнения;

Φ_{max} – максимальная стоимость исполнения.

$\Phi_{\text{текущ.проект}} = 466586$ руб, $\Phi_{\text{исп.1}} = 535020,54$ руб.

$$I_{\text{финр}}^{\text{тек.пр.}} = \frac{\Phi_{\text{тек.пр.}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{466586}{535020,54} = 0,87;$$

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.2}} = \frac{\Phi_{\text{исп.1}}}{\Phi_{\text{max}}} = \frac{535020,54}{535020,54} = 1;$$

В результате расчета консолидированных финансовых показателей по двум вариантам разработки вариант 1 (текущий проект) с меньшим перевесом признан считается более приемлемым с точки зрения финансовой эффективности.

5.4.2 Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов

выполнения НИР (I_{pi}) определен путем сравнительной оценки их характеристик, распределенных с учетом весового коэффициента каждого параметра (таблица 5.16).

Таблица 5.16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов НИР

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Текущий проект	Исп.2
1. Надежность	0,2	5	5
2. Материалоемкость	0,2	5	3
3. Сложность исполнения	0,1	4	3
4. Технологичность	0,3	4	4
5. Энергоёмкость	0,05	5	3
6. Качество исполнения	0,15	5	5
ИТОГО	1		

Расчет интегрального показателя для разрабатываемого проекта:

$$I_{p2} = 5 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,2 + 3 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 + 3 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,15 = 4;$$

$$I_{p1} = 5 \cdot 0,2 + 5 \cdot 0,2 + 4 \cdot 0,1 + 4 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,05 + 5 \cdot 0,15 = 4,65.$$

5.4.3 Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

Вычисляется на основании показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.i} = \frac{I_{p-исп.i}}{I_{финр}}. \quad (20)$$

$$I_{исп.2} = \frac{4}{1} = 4, \quad I_{исп.1} = \frac{4,65}{0,95} = 4,89.$$

Далее интегральные показатели эффективности каждого варианта НИР сравнивались с интегральными показателями эффективности других вариантов с целью определения сравнительной эффективности проекта (таблица 4.17).

Таблица 5.17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Текущий проект	Исп.2
1	Интегральный финансовый показатель разработки	0,87	1
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,65	4
3	Интегральный показатель эффективности	4,89	4
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	1,26	1

Сравнение среднего интегрального показателя сопоставляемых вариантов позволило сделать вывод о том, что наиболее финансово- и ресурсоэффективным является вариант 1 (текущий проект). Наш проект является более эффективным по сравнению с конкурентами.

Выводы по разделу

В результате выполнения целей раздела можно сделать следующие выводы:

1. Результатом анализа конкурентных технических решений является выбор одного из вариантов реализации НИР как наиболее подходящего и оптимального по сравнению с другими.

2. В ходе планирования для руководителя и инженера был разработан график реализации этапа работ, который позволяет оценивать и планировать рабочее время исполнителей. Определено следующее: общее количество календарных дней для выполнения работ составляет 119 дней; общее количество рабочих дней, в течение которых работал инженер, составляет 88 день; общее количество дней, в течение которых работал руководитель, составляет 31 день;

3. Для оценки затрат на реализацию проекта разработан проектный бюджет, который составляет 466568 руб;

4. Результат оценки эффективности ИР показывает следующие выводы:

1) значение интегрального финансового показателя ИР составляет 0,87, что является показателем того, что ИР не самой финансово невыгодной, по сравнению с существующими вариантами;

2) значение интегрального показателя ресурсоэффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 4;

3) значение интегрального показателя эффективности ИР составляет 4,65, по сравнению с 4 является наиболее высоким, что означает, что техническое решение, рассматриваемое в ИР, является наиболее эффективным вариантом исполнения.

Список литературы

1. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Григорьев С.Н., Схиртладзе А.Г. Обработка глубоких отверстий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 2009. – 296 с.; ил;
2. Шатин В.П., Шатин Ю.В. Справочник конструктора-инструментальщика. Режущий и накатной инструмент. М.: «Машиностроение», 456 с., 1975;
3. Кирсанов С.В., Гречишников В.А., Схиртладзе А.Г., Кокарев В. И. «Инструменты для обработки точных отверстий». – М., Машиностроение, 2003. 330 с;
4. Минков М.А. «Технология изготовления глубоких точных отверстий». М., Л.: Машиностроение, 1965. 176 с;
5. Уткин Н.Ф., Кижняев Ю.И., Плужников С.К. и др. «Обработка глубоких отверстий», (под общ. ред. Н.Ф. Уткина) Л.: Машиностроение., Л. О. 1988 г. – 269 с;
6. ОСТ 3-5869-85 Зенкеры для обработки глубоких отверстий диаметром от 8,1 до 30,5 мм. Конструкция и размеры;
7. Семенченко И. И., Матюшин В. М., Сахаров Г. Н., Проектирование металлорежущих инструментов, М. 1963; Космачёв И. Г., Карманный справочник технолога-инструментальщика, 2 изд. Л., 1970; Резание конструкционных материалов, режущие инструменты и станки, М 1974;
8. ГОСТ 2789 – 73. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики – Введ.1975. – 01.01. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 6 с;
9. Скворцов В.Ф., Дорнование глубоких отвестий малого диаметра: моногр. / В.Ф. Скворцов, А.Ю. Арляпов; Том.пед ун-т. Томск, 2005. 89с;

10. Краткий справочник металлиста / под общей редакцией А.Е. Древаля, Е.А. Скороходова – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2005. 960 с.: ил;
11. Точность глубоких отверстий малого диаметра в полых толстостенных цилиндрах, обрабатываемых дорнованием с большими натягами - В.Ф. Скворцов, И.С. Охотин, А.Ю. Арляпов - Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 2
12. [https://www.olympus-ims.com/ru/metrology/surface-roughness-measurement-portal/parameters/#!cms\[focus\]=010](https://www.olympus-ims.com/ru/metrology/surface-roughness-measurement-portal/parameters/#!cms[focus]=010)
13. Технологическое обеспечение качества изготовления глубоких отверстий в каналах малого сечения. И.В. Трифанов, Л.И. Оборина, В.И. Трифанов, Н.Д. Гайденок, В.И. Терехов – Вестник СГАКУ им. академика М.Ф. Решетнёва.
14. Защитные покрытия: учеб. пособие М. Л. Лобанов, Н. И. Кардонина, Н. Г. Россина, А. С. Юровских. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2014. – 200 с;
15. А. А. Малимон Отечественные автоматы
Издательский дом: Министерство обороны РФ Год издания: 2000.
16. Технология нанесения и свойства покрытий курс лекций
«Металлургия, машиностроение и материаловобработка»
Направление: «Металлургия» Ю.Е. Спектор Р.Г. Еромасов
Институт Цветных Металлов и Материаловедения Красноярск 2008 г.
17. Безопасность жизнедеятельности: учебное пособие / О.Б. Назаренко, Ю.А. Амелькович. — Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. — 178 с.
18. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР магистра и специалиста всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 24 с.

- 19.Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» ВКР бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ/Сост. Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева – Томск: Изд-во ТПУ, 2019. – 24 с.
- 20.ГОСТ 22615-77. Система «человек-машина». Выключатели и переключатели типа «Тумблер». Общие эргономические требования.
- 21.ГОСТ 22902-78. Система «человек-машина». Отсчетные устройства индикаторов визуальных. Общие эргономические требования.
- 22.ГОСТ EN 894-3-2012. Безопасность машин. Эргономические требования к оформлению индикаторов и органов управления. Часть 3. Органы управления.
- 23.ГОСТ Р ИСО 14738-2007. Безопасность машин. Антропометрические требования при проектировании рабочих мест машин. (VDT). Часть 2. Требования к производственному заданию.
- 24.ГОСТ Р ИСО 9355-1-2009. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 1. Взаимодействие с человеком.
- 25.ГОСТ Р ИСО 9355-2-2009. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 2. Дисплеи.
- 26.ГОСТ Р ИСО 9355-3-2010. Эргономические требования к проектированию дисплеев и механизмов управления. Часть 3. Механизмы управления.
- 27.СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03. Гигиенические требования к персональным электронно-вычислительным машинам и организации работы.
- 28.ГОСТ Р 22.0.01-2016. Безопасность в ЧС. Основные положения.
- 29.ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения.

30.СанПиН 1.2.3685-21 «Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания»

6. Приложение А

Таблица 6.1 Размеры сечений образцов после сверления ружейными сверлами

Сечение Образец	1	2	3	4	χ	Итог D
1	0,01	0,04	0,04	0,05	0,04	11,04
	0,02	0,05	0,05	0,05		
2	0,04	0,04	0,05	0,01	0,04	11,04
	0,04	0,05	0,04	0,02		
3	-0,01	0,03	0,05	0,04	0,03	11,03
	0,00	0,04	0,05	0,05		
4	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	11,05
	0,04	0,07	0,04	0,05		
5	0,08	0,05	0,07	0,03	0,06	11,06
	0,05	0,07	0,07	0,09		
6	0,05	0,05	0,07	0,07	0,06	11,06
	0,03	0,07	0,06	0,08		
7	0,06	0,07	0,08	0,08	0,08	11,08
	0,07	0,08	0,09	0,09		
8	0,06	0,08	0,05	0,04	0,07	11,07
	0,08	0,09	0,06	0,06		
9	0,07	0,10	0,11	0,11	0,09	11,09
	0,06	0,11	0,09	0,10		
10	0,06	0,10	0,11	0,03	0,08	11,08
	0,08	0,08	0,09	0,05		
11	0,08	0,04	0,07	0,04	0,06	11,06
	0,09	0,05	0,09	0,03		

Таблица 6.2 Размеры сечений образцов после сверления спиральными сверлами

Сечение Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	χ	Итог D
1	0,11	0,11	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	0,13	0,11	0,11	0,1145	10,9145
	0,11	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11	0,13	0,11	0,11		
2	0,10	0,11	0,10	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10	0,10	0,10	0,1050	10,9050
	0,10	0,11	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,10	0,10	0,11		
3	0,15	0,13	0,16	0,18	0,14	0,23	0,15	0,28	0,30	0,20	0,1945	10,9945
	0,14	0,12	0,16	0,19	0,15	0,22	0,15	0,27	0,32	0,25		
4	0,16	0,14	0,14	0,12	0,15	0,12	0,12	0,16	0,11	0,14	0,1375	10,9375
	0,17	0,14	0,14	0,13	0,15	0,12	0,12	0,16	0,12	0,14		
5	0,19	0,17	0,09	0,10	0,08	0,21					0,1400	10,9400
	0,19	0,17	0,08	0,10	0,08	0,22						
6	0,17	0,24	0,13	0,13	0,10	0,12					0,1483	10,9483
	0,17	0,24	0,12	0,12	0,12	0,12						
7	0,25	0,21	0,25								0,2367	11,0367
	0,26	0,21	0,24									
8	0,06	0,20	0,10								0,1200	10,9200
	0,06	0,21	0,09									
9	0,18	0,26									0,2125	11,0125
	0,19	0,22										
10	0,09	0,11									0,1050	10,9050
	0,10	0,12										

Таблица 6.3 размеры сечений после первого цикла дорнования образцов сверлёных ружейным сверлом

Сечение Образец	1	2	3	4	χ	Итог D
1	0,047	0,059	0,048	0,055	0,05	11,05
	0,045	0,062	0,045	0,049		
2	0,086	0,084	0,082	0,092	0,09	11,09
	0,087	0,085	0,085	0,09		
3	0,089	0,09	0,097	0,097	0,09	11,09
	0,088	0,09	0,095	0,099		
4	0,102	0,11	0,09	0,11	0,10	11,10
	0,108	0,10	0,10	0,10		
5	0,12	0,12	0,11	0,11	0,12	11,12
	0,12	0,12	0,11	0,11		
6	0,11	0,11	0,13	0,13	0,12	11,12
	0,11	0,12	0,11	0,13		
7	0,11	0,11	0,11	0,12	0,11	11,11
	0,12	0,10	0,11	0,12		
8	0,12	0,11	0,11	0,11	0,11	11,11
	0,11	0,10	0,11	0,12		
9	0,11	0,12	0,12	0,12	0,12	11,12
	0,11	0,12	0,12	0,13		
10	0,10	0,13	0,12	0,10	0,11	11,11
	0,10	0,12	0,11	0,11		
11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,10	11,10
	0,10	0,10	0,10	0,11		

Таблица 6.4 размеры сечений после второго цикла дорнования образцов сверлёных ружейным сверлом

Сечение Образец	1	2	3	4	χ	Итог D
4	0,115	0,114	0,113	0,112	0,11	11,11
	0,110	0,120	0,114	0,113		
5	0,115	0,120	0,115	-	0,12	11,12
	0,109	0,124	0,122	-		
6	0,098	0,115	0,098	0,107	0,11	11,11
	0,102	0,111	0,111	0,108		
7	0,096	0,112	0,115	0,110	0,11	11,11
	0,112	0,119	0,103	0,119		
8	0,119	0,101	0,106	0,119	0,12	11,12
	0,122	0,114	0,144	0,116		
9	0,115	0,115	0,111	-	0,11	11,11
	0,121	0,116	0,109	-		
10	0,115	0,119	0,110	0,115	0,12	11,12
	0,123	0,120	0,100	0,119		
11	0,116	0,109	0,110	0,108	0,11	11,11
	0,114	0,105	0,114	0,104		

Таблица 6.5 размеры сечений после второго цикла дорнования, образцов сверлёных спиральным сверлом

Сечение Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10<-	11	12	χ	Итог D
1	0,040	0,038	0,039	0,038	0,039	0,038	0,039	0,039	0,039	0,039	0,039	0,031	0,0362	11,0362
	0,031	0,030	0,031	0,030	0,031	0,031	0,032	0,039	0,039	0,039	0,039	0,038		
2	0,031	0,031	0,030	0,030	0,031	0,030	0,032	0,033	0,033	0,033	0,033	0,038	0,0317	11,0317
	0,033	0,032	0,032	0,033	0,032	0,032	0,030	0,030	0,030	0,030	0,030	0,032		
Образцы 4 – 10 не проходили второй цикл дорнования. Результаты представленные ниже являются результатами после первого цикла.														
4	0,040	0,039	0,036	0,040	0,044	0,034	0,040	0,038	0,040	0,036	0,034	0,040	0,0380	11,0380
	0,046	0,038	0,036	0,040	0,042	0,046	0,000	0,042	0,046	0,032	0,036	0,046		
5	0,036	0,034	0,034	0,032	0,046	0,040							0,0405	11,0405
	0,042	0,038	0,050	0,052	0,042	0,040								
6	0,044	0,044	0,066	0,046	0,038	0,036							0,0443	11,0443
	0,040	0,040	0,062	0,042	0,032	0,042								
7	0,044	0,040	0,044										0,0420	11,0420
	0,048	0,034	0,042											
8	0,050	0,052	0,046										0,0483	11,0483
	0,050	0,046	0,046											
9	0,030	0,034	0,030										0,0323	11,0323
	0,032	0,038	0,030											
10	0,054	0,038	0,038										0,0437	11,0437
	0,050	0,044	0,038											

Таблица 6.6 размеры сечений после притирки образцов сверлёных спиральным сверлом

Сечение Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	χ	Итог D
1	0,042	0,042	0,042	0,042	0,044	0,042	0,040	0,040	0,040	0,038	0,040	0,038	0,0388	11,0388
	0,034	0,036	0,032	0,034	0,032	0,034	0,034	0,040	0,040	0,042	0,042	0,040		
2	0,034	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,032	0,034	0,034	0,0333	11,0333
	0,036	0,034	0,034	0,034	0,034	0,036	0,034	0,032	0,034	0,034	0,032	0,034		
3	не измерялся													
4	0,046	0,046	0,048	0,046	0,048	0,000	0,046	0,038	0,042	0,040	0,040	0,040	0,0439	11,0439
	0,050	0,056	0,058	0,054	0,052	0,000	0,058	0,052	0,050	0,048	0,048	0,048		
5	0,034	0,036	0,032	0,040	0,038	0,042							0,0387	11,0387
	0,034	0,038	0,042	0,048	0,044	0,036								
6	0,042	0,038	0,036	0,038	0,038	0,032							0,0373	11,0373
	0,036	0,034	0,040	0,032	0,040	0,042								
7	0,054	0,056	0,044	0,038	0,038	0,040							0,0453	11,0453
	0,052	0,050	0,050	0,050	0,030	0,042								
8	0,044	0,042	0,036	0,038	0,040								0,0420	11,0420
	0,052	0,044	0,038	0,042	0,044									
9	0,042	0,042											0,0405	11,0405
	0,040	0,038												
10	0,032	0,040											0,0405	11,0405
	0,040	0,050												

Таблица 6.7 размеры сечений после хромирования и термообработки образцов сверлёных спиральным сверлом

Сечение Образец	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	χ	Итог D
1	0,026	0,026	0,024	0,026	0,024	0,024	0,024	0,024	0,026	0,024	0,026	0,024	0,0221	11,0221
	0,020	0,018	0,018	0,020	0,020	0,020	0,020	0,018	0,020	0,020	0,018	0,020		
2	0,020	0,018	0,018	0,020	0,020	0,020	0,020	0,018	0,020	0,020	0,018	0,020	0,0192	11,0192
	0,020	0,018	0,020	0,020	0,018	0,020	0,020	0,018	0,018	0,020	0,020	0,016		
3	1 и 2 термообработка 4 – 10 хромирование													
4	0,056	0,052	0,050	0,054	0,050	0,052	0,042	0,034	0,040	0,034	0,036	0,038	0,0454	11,0454
	0,050	0,050	0,048	0,046	0,050	0,052	0,052	0,046	0,040	0,044	0,038	0,036		
5	0,034	0,036	0,036	0,040									0,0365	11,0365
	0,036	0,038	0,034	0,038										
6	0,038	0,036	0,032	0,034	0,042								0,0360	11,0360
	0,038	0,032	0,030	0,032	0,046									
7	0,050	0,036	0,036										0,0380	11,0380
	0,036	0,038	0,032											
8	0,050	0,036	0,036										0,0380	11,0380
	0,036	0,038	0,032											
9	0,042	0,046											0,0440	11,0440
	0,036	0,052												
10	0,038	0,030											0,0340	11,0340
	0,036	0,032												

**Investigation of technological methods for obtaining precise holes for
machining the cylinders of plunger pairs**

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
4AM92	Лаврентьев К.А.		

Консультант ОМ ИШНПТ:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
Доцент	Арляпов А.Ю.		

Консультант – лингвист ОИЯ ШБИП:

Должность	ФИО	Подпись	Дата
доцент	Айкина Т.Ю.		

Information and analytical review

Peristaltic pumps

It is used for dosage of crystallizing or corrosive elements as well as viscous liquids. Peristaltic pumps are volumetric devices. The flow part is the hoses through which the liquid is forced. Mechanical pressure on the flow part provides peristalsis.

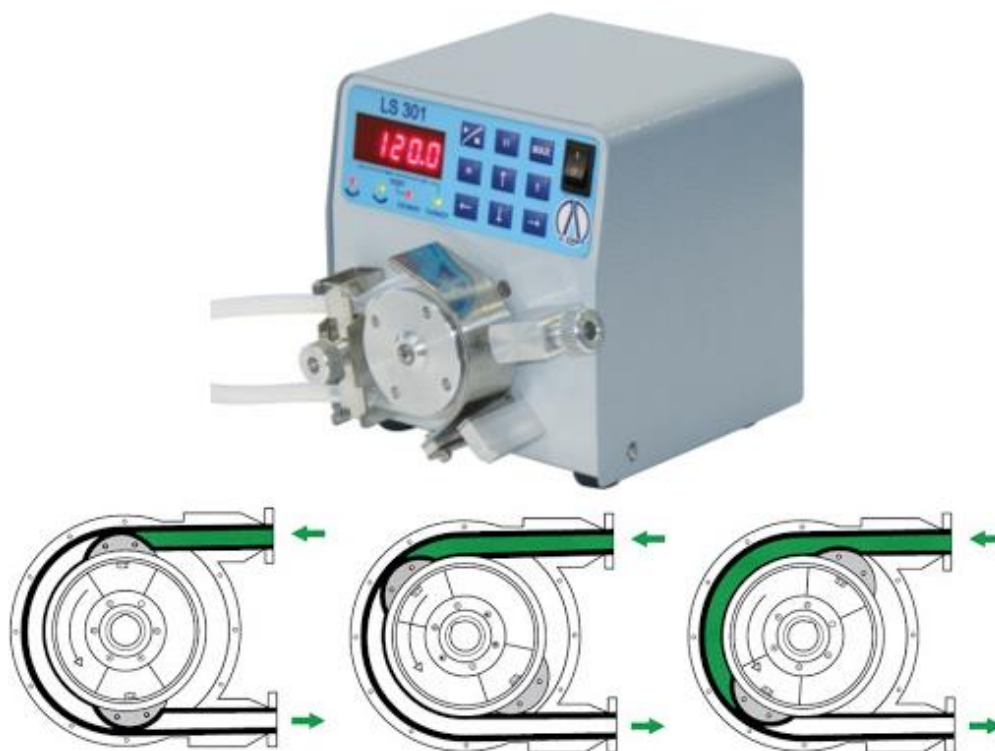


Fig. 1.1.5 – Peristaltic pump LOIP LS-301

This type of pump has the following advantages:

- high tightness;
- impossibility of metal-to-metal contact;
- only the flow part wears out;
- the pumped element does not interact with the device, and it does not affect the pumped element in any way;
- easy to repair and maintain; simplicity of work;
- dry operating modes; the possibility of pumping liquids of different density with non-solid inclusions;
- high feed accuracy;

- work in reverse mode;
- low noise level.

The disadvantage is the frequent replacement of elastic elements, constant monitoring of them. Although replacing a tube or hose will cost significantly less than replacing a metal part.

Diaphragm metering pumps



Fig. 1.1.6 – Diaphragm metering pump Etatron PKX MA/A

The advantage of this type of pump is the design of the working chamber that does not allow contact with moving elements. Diaphragm metering pumps are used in the pharmaceutical industry. Such pumps are produced from neutral and chemical-resistant materials. Due to this, they are widely used in the chemical industry. There are no stagnant zones in the design of the working chamber, stagnant zones are places where a certain volume of the pumped liquid does not move along the pumping route. Diaphragm pumps are used for pumping viscous, contaminated or aggressive liquids. The work is carried out at low pressure.

It can be noted that dosing may be less accurate compared to plunger-type pumps. The diaphragm is often damaged. Such pumps have low working pressure, which leads to low productivity.

Plunger pumps

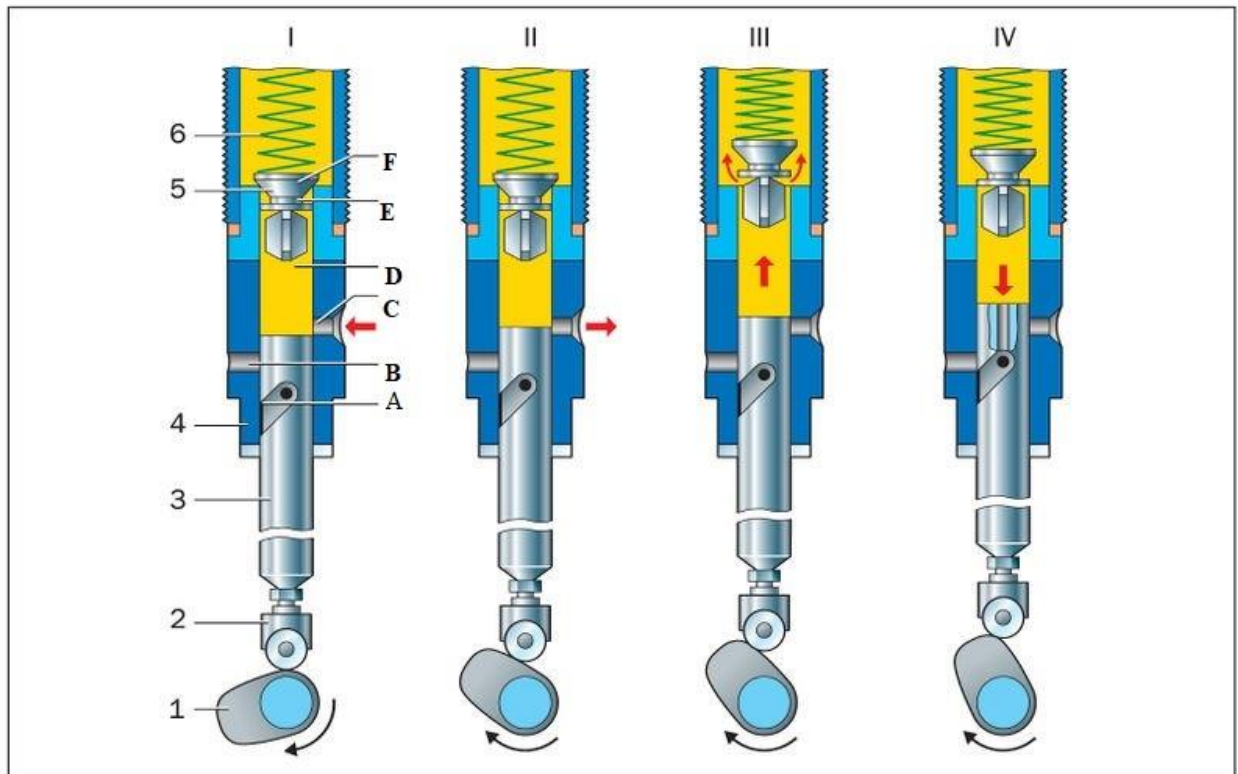


Fig. 1.1.7 – Plunger pair operation scheme:

I - fuel inlet (filling); II - the beginning of the upward movement of the plunger;

III - the moment of the start of injection; IV - feed cutoff moment;

A - cut-off edge; B - bypass window; D - inlet window;

D - supra-plunger space; E - unloading belt; F - obturator of the valve;

1 - cam; 2 - pusher; 3 - plunger; 4 - plunger sleeve; 5 - discharge valve;

6 - valve spring.

They are used to work with the widest range of liquid at high pressure variability. Such pumps are used when working with chemically unstable or aggressive media.

OPERATION: the translational movement of the plunger in the pump chamber creates a vacuum which sucks fluid from the supply channel. At the return movement of the plunger closes the inlet channel conduit, which prevents fluid from flowing back, immediately after that the discharge conduit channel opens, it is closed during suction. The displaced liquid goes further, after which the work process is repeated. There are many varieties of this type of pump, but the operating principle remains the same.

This type of pump will be considered in this work for the following reasons:

- High precision;
- Compact design;
- Ability to work with a wide range of fluids;
- Ease of setup and operation.

The objective of this work is to study the manufacturing technology of a plunger pump for AO Microgen “Virion”. Its design is shown in Fig. 1.1.4.

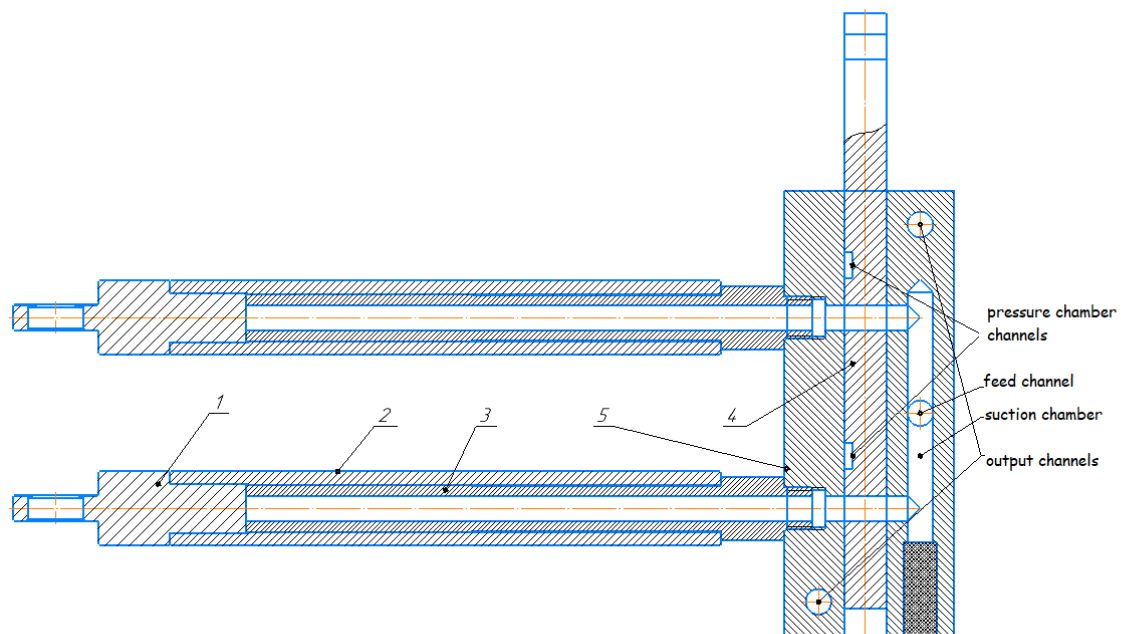


Fig. 1.1.8 – Assembly diagram of dispenser.

1-ear, 2-dispenser case, 3-plunger, 4- spool valve, 5- spool valve body.

The plunger pump (Figure 1.1.4) consists of a directional spool valve and two metering units. The principle of equipment operation is based on the reciprocating movement of the bodies of the working chambers 2 relative to the plungers 3. As a result, the stages of rarefaction and injection are alternately created in them. In the first case, the liquid is sucked from the supply channel into the chamber. In the second case, the pump creates pressure in the pressure line.

This process is controlled by a spool valve consisting of a spool valve body 5 and a spool valve 4, which periodically opens and closes the suction and discharge pipelines.

For better understanding of the current situation, let's consider the methods of hole making in the workpieces, ways of increasing the accuracy and quality of the obtained surfaces.

Methods of hole making

Drilling

When drilling deep holes with a standard instrument there is a significant reduction in accuracy and quality of the machined surface. This is primarily due to the low rigidity of the cantilever-mounted tool and the difficulties in supplying cooling lubricants to the cutting zone to remove the resulting chips.

Spiral drills

Spiral drills are typically used for making holes in solid workpieces. The range of diametrical sizes is very wide, since the type of drills is extremely widespread in mechanical engineering.

- Diameters from 1 to 55 mm;
- Lengths from 20 to 30 diameters;

Due to technological progress and the development of the quality of materials, both processed and machined, the accuracy of diametrical dimensions can be higher, but in the reference literature [1, 2, 3, 4, 5], the accuracy of diametrical dimensions varies within IT 12-14. With a drift of the axes of the holes from 0.3 to 0.5 mm per every 100 mm of the length of the hole to be machined and is provided with a roughness in the range of Rz 20 ... 80 microns. The spiral drill diagram is shown in Figure 1.2.3.

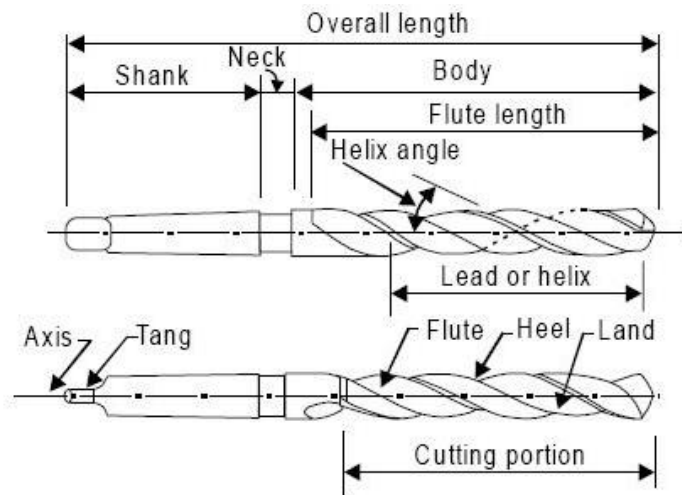


Fig 1.2.16 – spiral drill diagram

According to the data of experiments in which the processing was carried out on machines of normal accuracy on a jig bush. When processing structural steel with a drill made of high-speed material, the axis deviation with a machining diameter of 10 mm per 100 mm is in the range of 0.1 - 1.45 mm, with an angle at the tip of the drill $2\phi = 150^\circ$. Diameter difference was 0.12-0.39 mm. Therefore, for the subsequent operation, it is necessary to provide for allowances in the processing of the hole to remove the consequences of at least 0.3 mm. [12]

Tools with certain base

Application of spiral drills for drilling deep holes is considered inefficient, in connection with the basing scheme and fastening the cutting tool, with decreasing diameter and increasing the depth of the processing, treatment becomes ineffective and often even impossible. The reason is the tool geometry and the complexity of the supply of coolant, cutting fluid, in the cutting zone for effective cooling of the cutting edges and removal of chips from the cutting zone.

The most effective way to fight with axle drift and increased tool vibration during machining is to change the tool basing pattern in the hole. Focusing on this idea, a method was invented for basing the working part of the tool on the machined surface. It turned out to be particularly effective in the treatment of deep holes. To do this, the tool uses a special geometry of the cutting part, in which, under the action

of the cutting force, the working part of the tool is pressed to the surface of the hole. This increases the machining accuracy, and due to the smoothing action of the guides, the surface roughness of the hole is reduced. [1, 2, 3, 5, 7]

Cutting tools operating on this principle are considered to be one-sided cutting tools. [1]

Gun drills

Gun drills have the following advantages:

- high productivity;
- high accuracy of the received holes IT 7-9;
- low roughness of the resulting holes Ra 0.32 ... 1.25;
- small deviation of the axes of the holes 0.01 ... 0.02 mm / 100 mm;
- simplicity of tool regrinding;
- the possibility of applying wear-resistant coatings to the working parts of the drill.

The gun drill consists of three main elements, fig. 1.2.4 [1]:

4. Cutting carbide tip (working part);
5. Steel tubular rod with V-shaped outer groove;
6. Shaft.

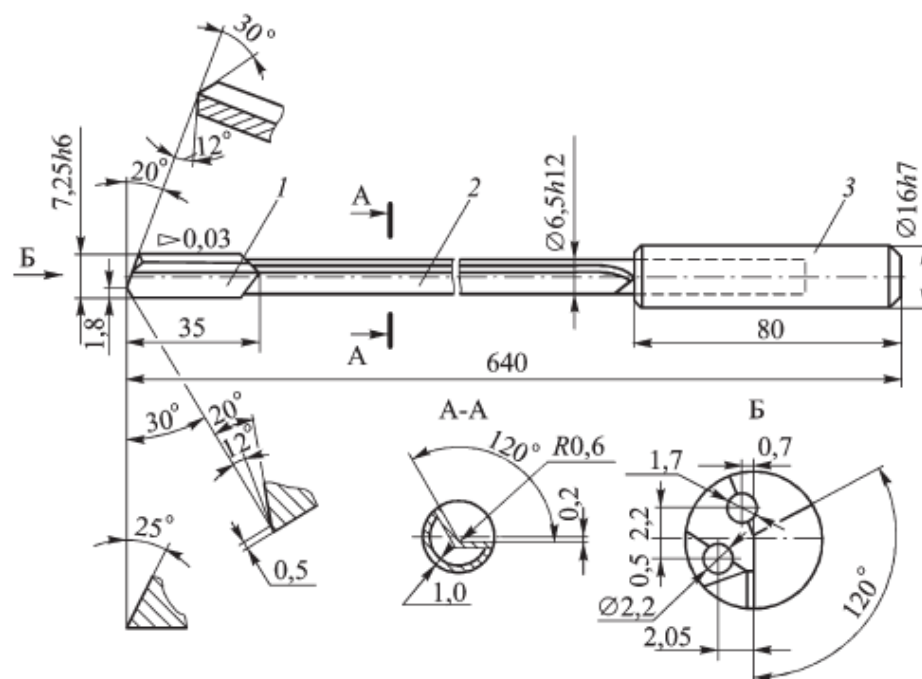


Fig 1.2.17 – Gun drill

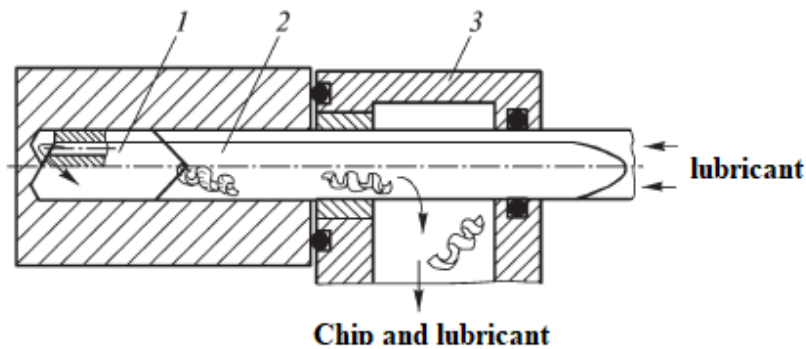


Fig 1.2.18 - scheme for processing a deep hole with a gun drill:

1 - tip; 2 - stem; 3 - chip receiver.

Mandreling

Cold plastic deformation of the workpiece occurs by means of translational movement of the tool through the hole with some interference. The hole surface of the workpiece undergoes a number of changes:

- The diameter increases;
- The contacted layer of the material is hardened;
- The surface irregularities are reduced.

This method is referred to as dimensionally hardening. It is widely used in serial and mass production [9, 11]. In the process of mandreling, not only the inner size of the blank changes, but also the outer one.

The tool consists of:

- Balls made of steel and carbide;
- A single-tooth and a multi-tooth broach.

The general scheme of a working tooth in most cases looks like two truncated cones connected by a cylindrical ribbon. The diameter of the cylindrical ribbon determines the diameter of the machined hole. The working and outlet cones are often taken to be equal in angle, but differ in length. The total angle at the top of the cone is usually from 6 to 10 °, and the ribbon is taken from 0.1 to 3 mm wide. [9,11]. The use of alloys and carbides allows to ensure high tool life, improve the quality of

the machined surface and, in most cases, eliminate the seizure of the workpiece during tool processing.

Mandreling is used for deforming processing of holes of almost any diameter, based on physical capability, with a depth of 25 to 100 diameters. This ensures diametrical dimensional accuracy to IT 6 - 9 and even better results with a Ra of 0.32 to 0.63 micrometers. [1]

The lubricant has a great influence on the mandrel process. Correctly selected lubricant:

- Prevents the tool from seizing in the workpiece;
- Reduces deforming force;
- Improves surface quality.

Lubricants:

- For processing carbon and low-alloy steels, it is recommended to use MP-1, MP-2, MP-3, MP-7. [9,11]
- When processing holes in parts made of high-strength, high-alloy steels and alloys, lubricants are based on epoxy resins and MoS_2, C_2, BN . [9,11]
- When machining cast iron parts, refined kerosene is used. [9,11]

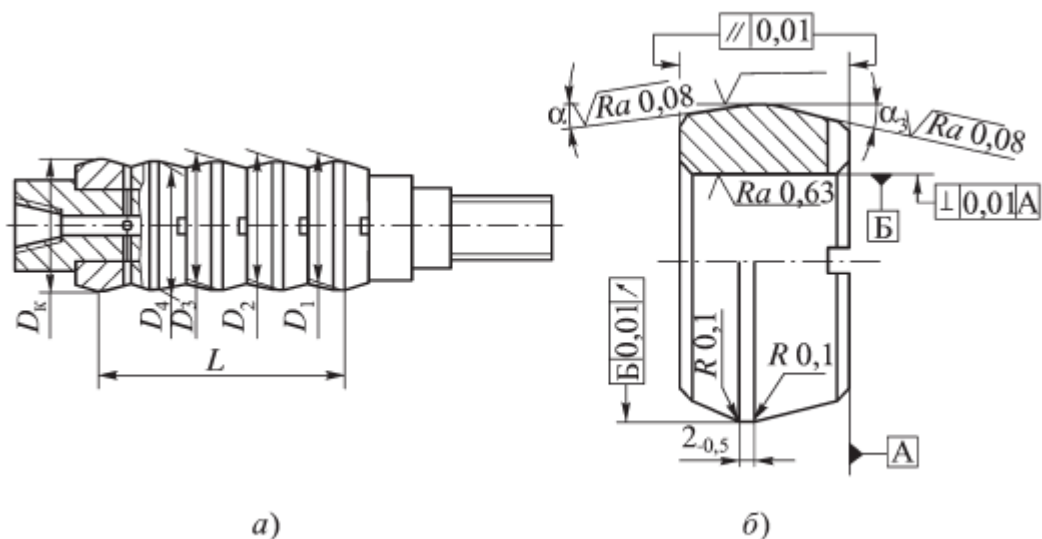


Fig 1.2.19 Multi-flute mandrel for deep hole machining:

a - general view, b - deforming element (ring)

The negative aspect of mandreling is the behavior of the dimensional characteristics of the hole close to the mandrel process beginning and ending, the so-called edge effect. It is characterized by extruding a part of the workpiece material into the free space behind the ends of the workpiece, which leads to an increase inlet and outlet diameter of the hole [9, 11].

It is necessary to consider the effect of such a parameter as shrinkage. All other conditions being equal, the greater the elastic recovery of the workpiece material, the greater shrinkage of the holes, the elastic recovery in its turn is approximately determined by the ratio of the yield stress to the modulus of normal material elasticity [9].

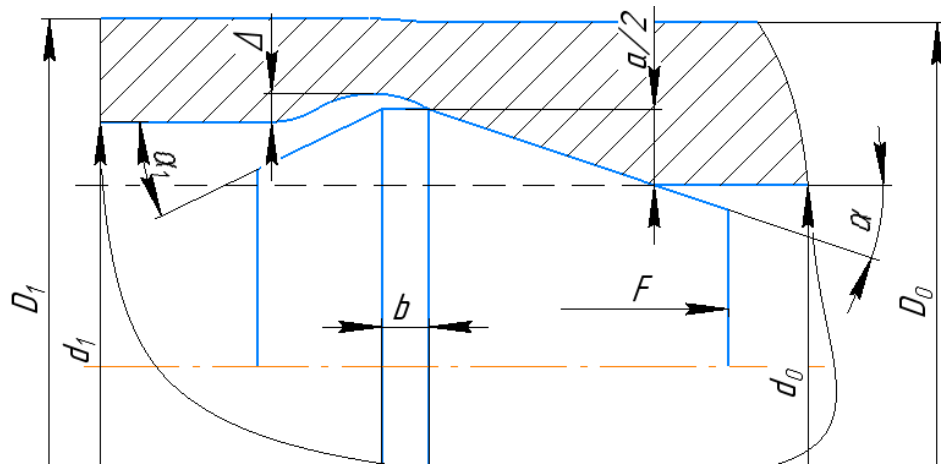


Fig 1.2.20 Scheme for reducing the diameter of the hole (shrinkage) after mandreling

Where: $\frac{a}{2}$ – half preload; F – force;

d_0 – hole diameter before processing;

d_1 – hole diameter after processing;

D_1 – outer diameter after processing;

D_0 – outer diameter before processing;

α_1 and α – mandrel taper half – angles;

b – lenght of calibration ribbon;

Δ – shrinkage.

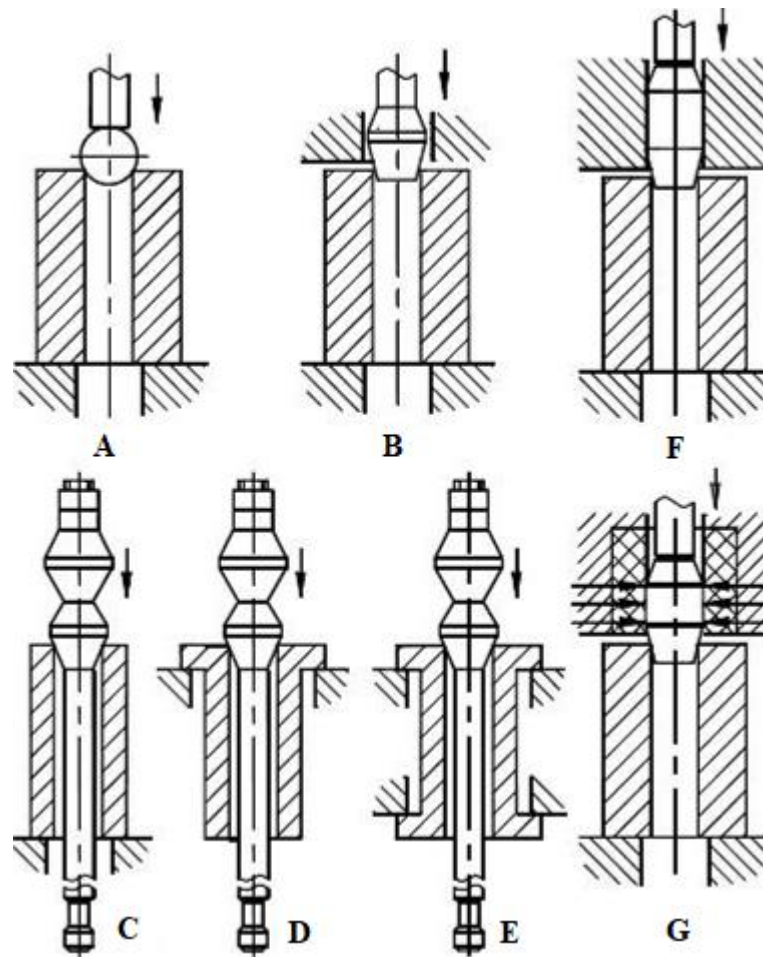


Fig 1.2.21 Mandreling patterns:

- a – with a ball;
- b – cantilevered single-tooth stitching;
- c – multi-tooth broach with compression of the workpiece;
- d – multi-tooth broach with stretching of the workpiece;
- e – multi-tooth broach with axial blanking of the workpiece;
- f – single-toothed broach, loose in the axial direction, placed with a gap in the guide sleeve;
- g - single-toothed broach, loose in the axial direction, placed with an interference fit in the guide sleeve.

Grinding

A lubricant is used for removing small layers of metal with fine-grain abrasives based on abrasive powders. Both powder lapping and diamond pastes are used. Tools made of soft materials (gray cast iron of pearlite structure, brass, etc.) act as very soft grinders:

The finishing operation is often performed for the selective assembly of parts working in pairs. It is also used to ensure high accuracy of dimensions and shape, reduce the height of unevenness. The accuracy after processing can correspond to IT 3 - 5. Surface roughness Ra is from 0.02 to 0.01.

Lapping

There are two types of lapping:

- lapping with an integratable abrasive;
- lapping with a non-integratable abrasive.

Lapping with an integratable abrasive is the most common. It is carried out with a free supply of abrasive in a liquid lubricant medium, or with an already preintegrated lapping in combination with a viscous lubricant.

The laps are divided into:

- manual;
- machine-manual;
- machine;
- assembly.

Depending on the part to be lapped and/or the surface, the appearance of the lap may change. Since in this work we consider the machining of holes, the laps under consideration will have the same orientation. The laps are in the form of rollers or cones. The lap can be either one-piece or composite, sliding or adjustable. Figure 1.2.15 shows the examples of laps.

Lapping pastes are mainly based on chromium or silicon oxides. Integratable powders are: diamond, white and normal fused alumina, boron carbide, glass, polishing crocus, etc. For rough operations, coarse-grained laps are used with a subsequent reduction in grain size. Kerosene or gasoline is used as a lubricant. At preliminary integration of grinding powder to the lapping, kerosene or machine oil is used.

For lapping with a non-integratable abrasive, lapping is used whose hardness is higher than the material being lapped. Chromium oxides or crocus are used. Lubricants are: kerosene and machine oil for steel. A mixture of natural fats with machine oil for copper and its alloys.

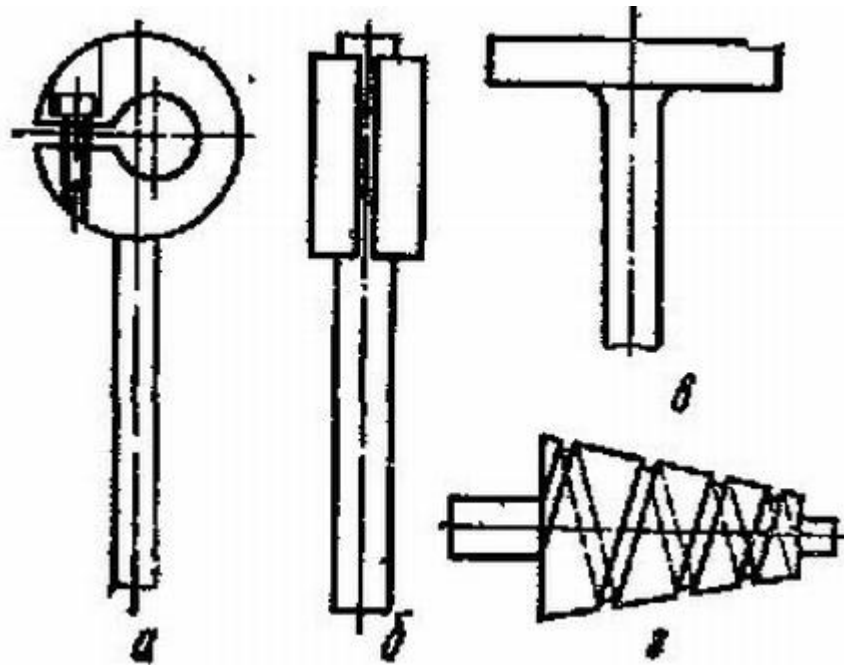


Figure 1.2.15 Examples of laps

a – for shafts; b – for holes; c – disk; d – cone.

Vacuum plasma coatings

Two groups of methods are used to carry out vacuum-plasma coatings: CVD – chemical vapor deposition and PVD - physical vapor deposition. These methods allow the coating of pure metals, alloys, and/or compounds. CVDs are based on the deposition of a coating by a chemical reaction on the surface of the substrate. The reaction is activated by temperature, plasma, photons or catalytic action of the substrate surface. PVDs are based on the transfer of the target material into the vapor and/or plasma phase, followed by its deposition on a substrate. Diode or triode sputtering, magnetron sputtering, and electric arc evaporation are the most commonly used. [14]

The vacuum-plasma method makes it possible to obtain a wide range of monolayer, multilayer and composite coatings that prevent the formation of

geometric, crystal-chemical and physical-mechanical defects on the surface layers of the tool material.

The advantages of the vacuum-plasma method are as follows:

- Versatility: all solid elements and materials can be deposited;
- It is possible to obtain thin films and rather thick coatings. Layer thickness is 5-260 microns;
- Environmentally friendly and recyclable;
- No harmful waste generated;
- The samples obtained have high corrosion resistance as they are not corroded by the coating process.

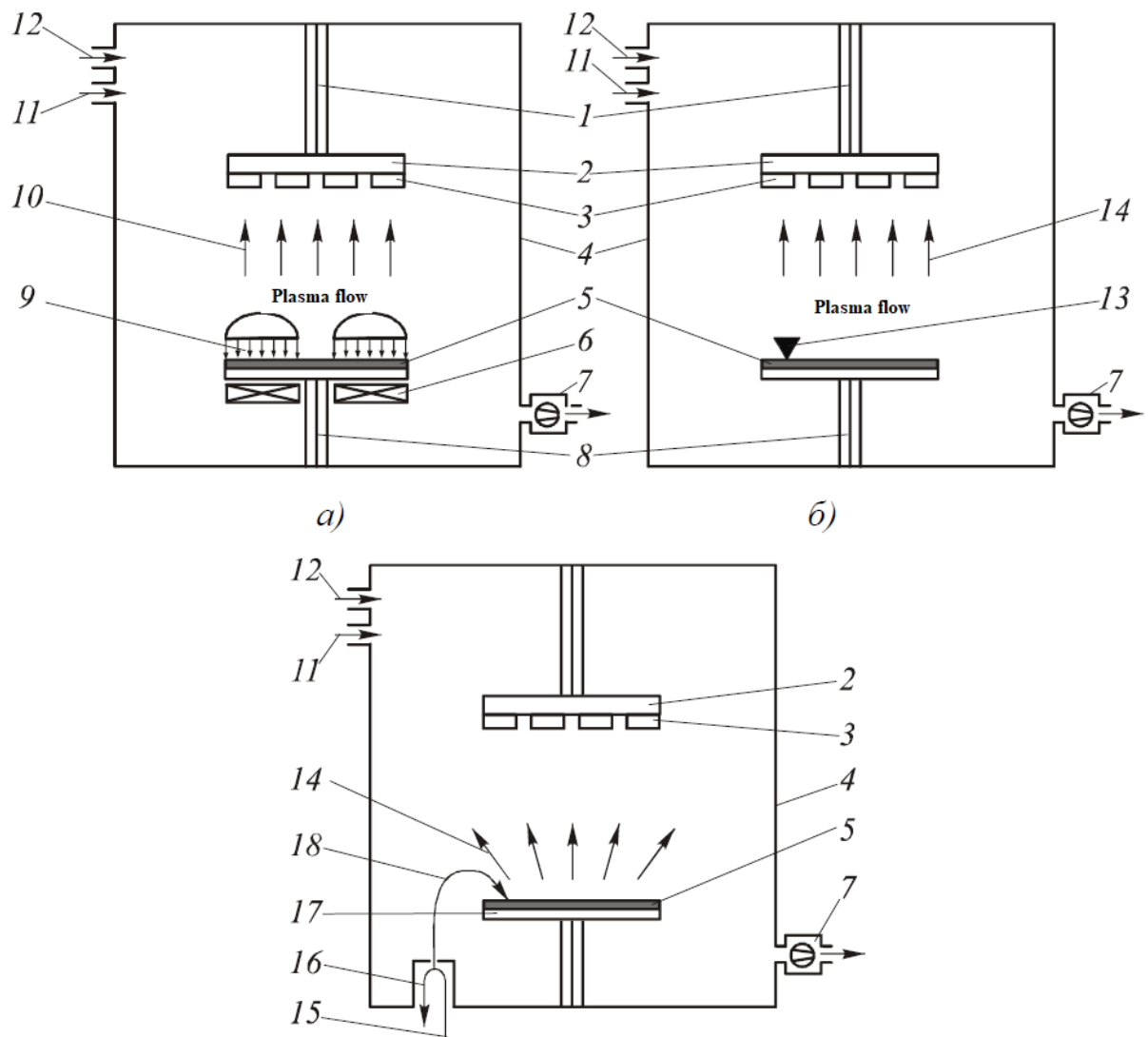


Figure 1.3.3 Schematic diagrams of coating parts by PVD

a - magnetron sputtering; b - vacuum arc evaporation; c - electron beam evaporation;
1 - supply of bias voltage; 2 - tool holder; 3 - tool;
4 - vacuum chamber; 5 - deposited material;
6 - magnetic system for magnetron sputtering; 7 - vacuum pump;
8 - supply of the discharge voltage; 9 - ion beam;
10 - sprayed material; 11 - reaction gas; 12 - inert gas; 13 - cathode spot;
14 - evaporated material; 15 - supply of accelerating voltage; 16 - hot cathode; 17 - crucible;
18 - electron beam.

References

1. 1.Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Grigoriev S.N., Skhirtladze A.G. Deep hole machining in mechanical engineering. -M.: Mashinostroenie, 2009.-- 296 p.; silt;
2. Shatin V.P., Shatin Yu.V. Reference of the constructor-toolmaker. Cutting and rolling tools. M.: "Mechanical engineering", 456 p., 1975;
3. Kirsanov S.V., Grechishnikov V.A., Skhirtladze A.G., Kokarev V.I. "Tools for processing precise holes." - M., mechanical engineering, 2003.330 s;
4. Minkov M.A. "Technology of making deep precise holes". M., L.: Mashinostroenie, 1965.176 p;
5. Utkin N.F., Kizhnyaev Yu.I., Pluzhnikov S.K. and others. "Processing of deep holes", (under the general editorship of NF Utkin) L.: Mechanical engineering., LO 1988 - 269 p;
9. Skvortsov VF, Backing of deep holes of small diameter: monograph. / V.F. Skvortsov, A. Yu. Arlyapov; Vol. Ped un-t. Tomsk, 2005.89s;
14. Protective coatings: textbook. manual by M.L. Lobanov, N.I. Kardonin, N. G. Rossina, A. S. Yurovskikh. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2014.-- 200 s;